

Studi Pendahuluan pada Identifikasi Risiko dan Perlakuan Risiko Tahapan Rantai Pasok Pekerjaan Beton Pracetak terhadap Kinerja Proyek

T.K.E. Mahdi¹, T.N. Handayani^{1*}, D. Parikesit¹

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: tantri.n.h@ugm.ac.id

INTISARI

Off-site construction (OSC) dianggap menjadi solusi efektif untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, maupun kualitas produksi di lingkup proyek konstruksi. OSC juga erat kaitannya dengan sistem rantai pasok dalam sebuah industri. Melihat hal tersebut perlu adanya manajemen yang baik dalam penerapan OSC pada proyek konstruksi. Tujuan dari penelitian ini adalah identifikasi awal pada risiko-risiko dan perlakuan risiko di setiap tahapan rantai pasok beton pracetak. Metode yang digunakan adalah pengumpulan data melalui studi literatur yang kemudian dilakukan validasi dengan mewawancarai 4 orang ahli (*expert*) secara sistematis. *Expert* terdiri dari pihak *owner*, kontraktor, konsultan pengawas, dan *supplier*. Pengumpulan data dari studi literatur diperoleh 34 faktor risiko yang terdiri dari 6 risiko tahap perencanaan, 4 risiko tahap pengadaan, 17 risiko tahap produksi, 4 risiko tahap pengiriman, dan 3 risiko tahap pengembalian produk. Perlakuan risiko yang teridentifikasi sebanyak 37 faktor yang terdiri dari 10 faktor tahap perencanaan, 4 faktor tahap pengadaan, 12 faktor tahap produksi, 6 faktor tahap pengiriman, dan 5 faktor tahap pengembalian produk. Hasil dari validasi *expert* menyebutkan bahwa risiko dan perlakuan risiko yang diperoleh relevan dengan kondisi permasalahan di lapangan. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja proyek serta menjadi acuan dalam melaksanakan proyek dengan konsep OSC.

Kata kunci: *Off-site Construction*, Rantai Pasok, Risiko, Pengendalian, Mitigasi

1 PENDAHULUAN

OSC merupakan sebuah metode konstruksi di mana membuat bentuk bagian-bagian dari suatu struktur yang diproduksi di pabrik (prafabrikasi) lalu diangkut menuju lokasi proyek untuk dilakukan pemasangan (Jin dkk., 2018). Konsep OSC menjadi salah satu metode yang diyakini dapat meningkatkan kinerja proyek baik dalam segi mutu, biaya, maupun waktu. Kelebihan yang dimiliki OSC seperti penyerapan pekerja lebih sedikit, lebih efisien, serta dapat mengurangi gangguan yang berdampak ke masyarakat sekitar proyek saat konstruksi berlangsung (Tantra dkk., 2020). Metode OSC juga dapat meningkatkan kinerja proyek dari segi biaya, mutu, waktu, maupun keselamatan kerja. Menurut Bertram dkk., (2019), konstruksi prafabrikasi dengan pendekatan produksi secara massal dapat mengurangi biaya hingga 20%. Selain itu dari segi waktu dapat berkurang hingga 50%. Solusi penerapan OSC juga dapat berpengaruh dari segi mutu di mana pekerjaan dapat dikendalikan dengan baik karena proses produksi dilakukan di pabrik tanpa kendala seperti cuaca dan lingkungan sekitar. OSC dapat menyebabkan penurunan kinerja proyek jika pada tahap pemesanan, produksi, maupun pengiriman tidak dilakukan dengan baik (Hatmoko dkk., 2019).

Tahapan OSC juga erat kaitannya dengan sistem rantai pasok dalam sebuah industri. Manajemen rantai pasok diperlukan untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan layanan kepada pelanggan dan semua pihak yang terlibat di setiap tahapan rantai pasok. Manajemen rantai pasok ini dikelompokkan pada lingkup rantai pasok seperti *intra-organizational*, *inter-organizational*, dan *cross-organizational* (Abduh, 2012). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sudah mulai melakukan pembahasan terkait perkembangan rantai pasok di Indonesia di awal tahun 2011 di mana Indonesia banyak menggunakan lingkup rantai pasok *cross-organizational* atau rantai pasok industri konstruksi. Hal itu dikarenakan Kementerian PUPR memiliki peran sebagai pengatur dan pembuat kebijakan. Pada Undang-undang Jasa Konstruksi No. 2 Tahun 2017, istilah rantai pasok konstruksi sudah diperkenalkan dan adanya upaya untuk mengelola serta memperluas dari hanya sebagai jasa konstruksi menjadi industri konstruksi.

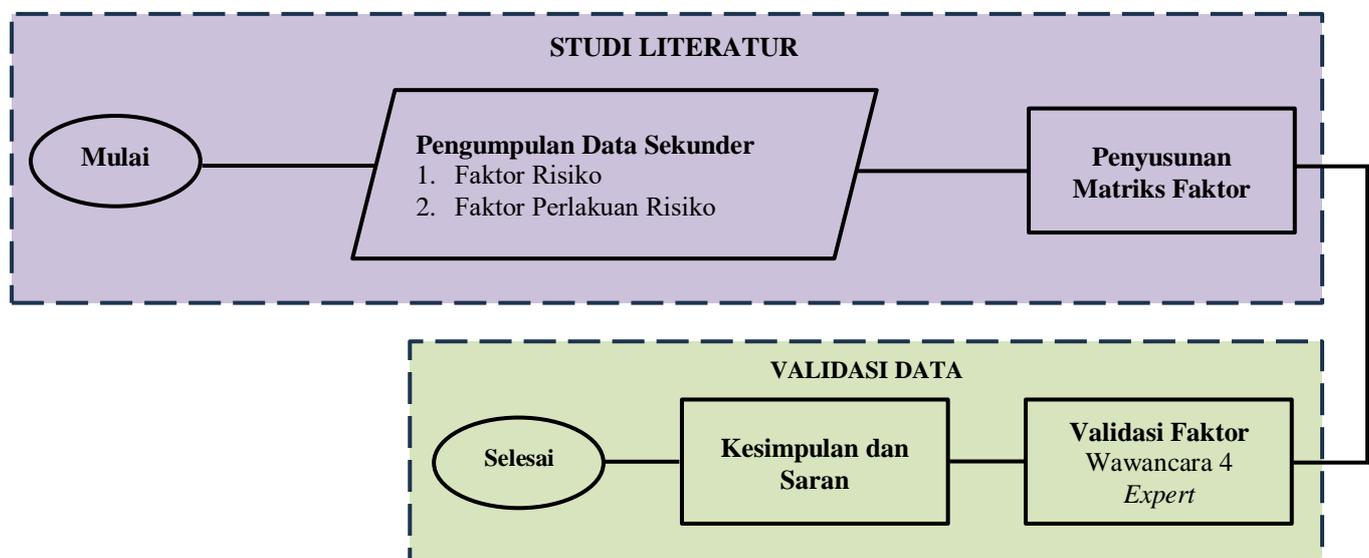
Penelitian mengenai manajemen rantai pasok pada proyek OSC sudah dilakukan oleh Hatmoko dkk., (2019) pada salah satu perusahaan BUMN di Indonesia. Hasil penelitian diperoleh 9 risiko kritis seperti perkiraan penjualan dan perencanaan produksi yang buruk, kapasitas produksi vendor bahan alam yang sedikit, perubahan produksi secara tiba-tiba, kekurangan tenaga kerja yang terampil, biaya tambahan sewa tempat penyimpanan dan perpanjangan izin sewa lahan industri, risiko transportasi yang tidak sesuai standar, dan pengembalian untuk produk yang cacat. Peneliti tersebut mengusulkan perlakuan risiko untuk setiap risiko yang kritis. Li dkk., (2016) juga mengidentifikasi 12 risiko

kritis yang dapat menyebabkan permasalahan dalam penjadwalan pada konstruksi perumahan di Hong Kong. Risiko-risiko tersebut diantaranya seperti informasi logistik yang tidak konsisten karena kesalahan manusia, berbagi informasi yang rendah antara sistem perencanaan sumber daya perusahaan yang berbeda, keterlambatan pengiriman elemen pracetak ke lokasi, kesalahan pemasangan elemen pracetak, dan perubahan desain. Selain itu terdapat penelitian yang juga memberikan perlakuan risiko terhadap risiko-risiko kritis yang diperoleh. Penelitian dari Cai dkk., (2023) menyebutkan bahwa, terdapat 3 risiko kritis dalam konstruksi bangunan prefabrikasi seperti jarak transportasi logistik, kerusakan komponen prefabrikasi selama transportasi, dan kontrol periode perakitan yang buruk. Peneliti mengusulkan perlakuan risiko yang tepat seperti mengontrol jarak transportasi secara wajar, meningkatkan efisiensi transportasi keselamatan komponen prefabrikasi, dan meningkatkan tingkat kontrol atas periode selama proses perakitan. Namun penelitian-penelitian tersebut hanya mengusulkan perlakuan risiko pada risiko yang kritis saja. Melihat hal tersebut perlu adanya usulan perlakuan risiko dari setiap risiko-risiko yang sudah teridentifikasi pada tahapan rantai pasok yang dapat berpengaruh pada kinerja proyek khususnya di proyek yang menerapkan konsep OSC.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi risiko dan perlakuan risiko pada setiap tahapan rantai pasok yang dapat mempengaruhi kinerja proyek pada proyek yang menerapkan konsep OSC di Indonesia. Hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan mengenai pengelolaan risiko dan menjadi acuan bagi pelaku konstruksi dalam melakukan langkah-langkah preventif untuk mendukung keberhasilan sebuah proyek konstruksi.

2 METODE PENELITIAN

Tahapan metode yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari studi literatur, validasi data, serta hasil dan pembahasan. Wawancara secara sistematis dilakukan untuk memvalidasi data yang diperoleh dari studi literatur. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

2.1 Studi Literatur

Studi literatur yang membahas tentang risiko dan perlakuan risiko pada tahapan rantai pasok beton pracetak digunakan sebagai acuan dalam proses pengumpulan data sekunder. Proses pengumpulan data berupa identifikasi risiko untuk merumuskan dari mana sumber risiko tersebut agar dapat diantisipasi dampak selanjutnya. Perlakuan risiko yang dimaksud terdiri dari pengendalian risiko dan mitigasi risiko. Pengendalian risiko (*risk control*) merupakan tindakan yang dilakukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya risiko. Mitigasi risiko (*mitigate risk*) sendiri merupakan strategi risiko dengan cara mengurangi dampak yang ditimbulkan dari sebuah risiko dan berpotensi merugikan pemilik risiko tersebut. Penelitian ini menggunakan 11 jurnal terdahulu untuk dijadikan acuan dalam menentukan risiko pada tahapan rantai pasok beton pracetak. Jurnal-jurnal tersebut juga memiliki perlakuan

risiko untuk di setiap risikonya. Terdapat 8 dari 11 jurnal yang dijadikan acuan untuk menentukan perlakuan risiko. Faktor-faktor yang telah teridentifikasi kemudian disusun dalam matriks faktor. Faktor yang diperoleh tersebut diharapkan dapat menjadi dasar dalam melakukan identifikasi risiko dan perlakuan risiko yang tepat pada tahapan rantai pasok beton pracetak. Data perlu divalidasi untuk memastikan kesesuaiannya dengan situasi sesungguhnya di lapangan.

2.2 Validasi Data

Wawancara yang dilakukan merupakan wawancara sistematis di mana wawancara tersebut sudah disiapkan secara tertulis sebelum ditanyakan kepada *expert*. Hal tersebut dilakukan agar wawancara dapat terstruktur dan terorganisir dengan baik. Wawancara dilakukan dengan 4 *expert* yang memiliki pengalaman dan pemahaman di konstruksi yang menggunakan konsep OSC. *Expert* diharapkan memberikan wawasan mendalam mengenai risiko dan perlakuan risiko pada setiap tahapan rantai pasok beton pracetak. Validasi dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian yang relevan dengan permasalahan pada proyek konstruksi di lapangan.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Profil Responden

Expert terdiri dari pemilik proyek (*owner*), kontraktor pelaksana, konsultan pengawas, dan pemasok (*supplier*). Pemilihan 4 *expert* didasari oleh pengalaman dan pemahaman selama bekerja pada proyek dengan konsep OSC. Setiap *expert* memiliki pengalaman lebih dari 5 tahun pada proyek OSC. Profil dari keempat responden dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Profil Responden

Profil Responden	<i>Expert</i>			
	1	2	3	4
Pendidikan Terakhir	S1-Teknik Sipil	S1-Teknik Sipil	S1-Teknik Sipil	D3-Teknik Sipil
<i>Role</i>	Manajer Proyek	<i>Quality Assurance dan Quality Control</i>	<i>Quality Control</i>	<i>Chief Production Planning and Inventory Control (PPIC)</i> Teknik Pengendalian dan Mitigasi Risiko
Lama bekerja pada bidang konstruksi saat ini	8 tahun	16 tahun	36 Tahun	9 tahun
Lama bekerja pada bidang OSC	8 tahun	11 tahun	36 Tahun	8-9 tahun
Nilai proyek yang pernah dikerjakan pada bidang OSC	>50 Miliar Rupiah	>50 Miliar Rupiah	>50 Miliar Rupiah	>50 Miliar Rupiah

3.2 Hasil Studi Literatur dan Validasi *Expert*

Hasil dari studi literatur diperoleh 34 faktor risiko yang terdiri dari 6 risiko pada tahapan perencanaan, 4 risiko pada tahapan pengadaan, 17 risiko pada tahapan produksi, 4 risiko pada tahapan pengiriman, dan 3 risiko pada tahapan pengembalian produk. Selanjutnya dilakukan validasi dengan mewawancarai 4 *expert* untuk mendapatkan risiko-risiko yang akurat. Faktor dapat dikatakan tervalidasi jika terdapat minimal 2 *expert* atau 50% dari *expert* setuju dengan faktor yang disebutkan. Hasil dari wawancara diperoleh 21 risiko yang tervalidasi diantaranya 2 risiko pada tahapan perencanaan, 3 risiko pada tahapan pengadaan, 10 risiko pada tahapan produksi, 3 risiko pada tahapan pengiriman, dan 3 risiko pada tahapan pengembalian produk.

Faktor perlakuan risiko juga diidentifikasi dari jurnal terdahulu dan diperoleh 37 faktor yang terdiri dari 21 faktor pengendalian risiko (P) dan 16 faktor mitigasi risiko (M). Terdapat 10 perlakuan risiko pada tahapan perencanaan, 4 perlakuan risiko pada tahapan pengadaan, 12 perlakuan risiko pada tahapan produksi, 6 perlakuan risiko pada tahapan pengiriman, dan 5 perlakuan risiko pada tahapan pengembalian produk. Wawancara juga dilakukan kepada keempat *expert* untuk menentukan perlakuan risiko di setiap tahapan rantai pasok. Hasil wawancara diperoleh 34 perlakuan risiko yang tervalidasi diantaranya 10 perlakuan risiko pada tahapan perencanaan, 4 perlakuan risiko pada tahapan pengadaan, 10 perlakuan risiko pada tahapan produksi, 6 perlakuan risiko pada tahapan pengiriman, dan 4 perlakuan risiko pada tahapan pengembalian produk.

Selain mengidentifikasi faktor risiko dan perlakuan risiko, kedua indikator tersebut dihubungkan untuk memperoleh perlakuan risiko yang tepat untuk masing-masing risiko. Setiap risiko dapat memiliki lebih dari 1 perlakuan risiko yang diperoleh dari studi literatur menggunakan 8 jurnal terdahulu. Perlakuan risiko yang teridentifikasi di setiap tahapan rantai pasok juga dapat digunakan pada tahapan rantai pasok lainnya, tidak hanya pada satu tahapan rantai pasok beton pracetak saja. Hasil yang diperoleh dari studi literatur tersebut juga dilakukan wawancara untuk di validasi ke *expert*. Hasil studi literatur dan validasi *expert* untuk faktor risiko dan perlakuan risiko dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor Risiko dan Perlakuan Risiko

Tahap	Kode	Risiko	Studi Literatur	Validasi <i>Expert</i>	Hasil	Kode	Perlakuan Risiko	Studi Literatur	Validasi <i>Expert</i>	Hasil
Perencanaan	R1	Perencanaan produksi yang buruk	2 Jurnal	75%	YES	P1	Mengembangkan sistem teknologi canggih untuk memantau aktivitas <i>supply chain</i> secara <i>real-time</i>	3 Jurnal	100%	YES
						P6	Mengusulkan penerapan strategi prefabrikasi ramping (<i>lean prefabrication</i>) untuk mengurangi limbah dan kerugian	1 Jurnal	100%	YES
						P8	Melakukan perhitungan biaya yang baik untuk memperoleh keuntungan ekonomi secara keseluruhan	1 Jurnal	75%	YES
						P10	Berkoordinasi dengan bagian produksi dan peralatan untuk memastikan proses produksi berjalan sesuai rencana dan tingkat persediaan terpantau	1 Jurnal	100%	YES
	R2	Permintaan produk melebihi kapasitas pabrik	3 Jurnal	25%	NO	P4	Melakukan diskusi dengan pembeli untuk memastikan jumlah produk yang akan dipesan	2 Jurnal	100%	YES
						P9	Menentukan stok yang strategis untuk beton pracetak di gudang	1 Jurnal	50%	YES
	R3	Perkiraan penjualan tidak akurat	1 Jurnal	0%	NO	P5	Berkolaborasi dengan mitra rantai pasokan untuk menyusun perkiraan permintaan menggunakan teknologi terkini demi hasil yang lebih akurat	1 Jurnal	75%	YES
						M3	Memantau dan membandingkan harga jual produk dengan pabrik lain untuk evaluasi pasar	2 Jurnal	75%	YES
	R4	Perencanaan rantai pasok yang buruk	1 Jurnal	25%	NO	P1	Mengembangkan sistem teknologi canggih untuk memantau aktivitas <i>supply chain</i> secara <i>real-time</i>	3 Jurnal	100%	YES
						P2	Meningkatkan koordinasi dan komunikasi antar tim melalui pembentukan tim multidisiplin untuk mendukung produktivitas, efisiensi, dan pemecahan masalah	2 Jurnal	100%	YES
P4						Melakukan diskusi dengan pembeli untuk memastikan jumlah produk yang akan dipesan	2 Jurnal	100%	YES	
P9						Menentukan stok yang strategis untuk beton pracetak di gudang.	1 Jurnal	50%	YES	
R5	Perubahan rencana produksi	1 Jurnal	25%	NO	P6	Mengusulkan penerapan strategi prefabrikasi ramping (<i>lean prefabrication</i>) untuk mengurangi limbah dan kerugian	1 Jurnal	100%	YES	
					P7	Mengikuti perkembangan kebijakan/peraturan dan tren pembangunan	1 Jurnal	100%	YES	
R6	Faktor eksternal	1 Jurnal	75%	YES	P8	Melakukan perhitungan biaya yang baik untuk memperoleh keuntungan ekonomi secara keseluruhan	1 Jurnal	75%	YES	
					P1	Mengembangkan sistem teknologi canggih untuk memantau aktivitas <i>supply chain</i> secara <i>real-time</i>	3 Jurnal	100%	YES	
Pengadaan	R7	Penerbitan Surat Perintah Kerja (SPK) atau <i>Purchase Order</i> (PO) terlambat	1 Jurnal	50%	YES	P1	Mengembangkan sistem teknologi canggih untuk memantau aktivitas <i>supply chain</i> secara <i>real-time</i>	3 Jurnal	100%	YES
	R8	Pasokan bahan baku tersendat akibat keterlambatan pembayaran	1 Jurnal	100%	YES	M13	Menyusun rencana pemasok bahan alternatif untuk mengantisipasi kebutuhan mendesak	2 Jurnal	100%	YES

Tabel 2. Faktor Risiko dan Perlakuan Risiko (Lanjutan)

Tahap	Kode	Risiko	Studi Literatur	Validasi <i>Expert</i>	Hasil	Kode	Perlakuan Risiko	Studi Literatur	Validasi <i>Expert</i>	Hasil
Pengadaan	R9	Kapasitas produksi bahan alam yang rendah	1 Jurnal	75%	YES	P12	Melakukan evaluasi terhadap data kebutuhan bahan baku, baik yang tersedia maupun yang dibeli dari subkontraktor	2 Jurnal	100%	YES
						M13	Menyusun rencana pemasok bahan alternatif untuk mengantisipasi kebutuhan mendesak	1 Jurnal	100%	YES
						P14	Melakukan audit terhadap pencatatan data penjualan, material, armada, dan produksi untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi	1 Jurnal	100%	YES
	R10	Terdapat perselisihan kontrak	1 Jurnal	25%	NO	P11	Menyusun kontrak pembelian yang mempertimbangkan perubahan harga material dan bahan bakar	2 Jurnal	75%	YES
Produksi	R11	Kesenjangan aliran informasi antar <i>stakeholders</i>	4 Jurnal	75%	YES	P1	Mengembangkan sistem teknologi canggih untuk memantau aktivitas <i>supply chain</i> secara <i>real-time</i>	3 Jurnal	100%	YES
	R12	Biaya produksi yang tinggi	3 Jurnal	25%	NO	M15	Menggunakan fasilitas pendukung dari pabrik lain jika diperlukan.	3 Jurnal	75%	YES
						M18	Mensubkontrakkan produksi ke pabrik lain	2 Jurnal	25%	NO
						P8	Melakukan perhitungan biaya yang baik untuk memperoleh keuntungan ekonomi secara keseluruhan	1 Jurnal	75%	YES
	R13	Kecelakaan kerja akibat alat ataupun kesalahan manusia	3 Jurnal	75%	YES	P16	Menyelenggarakan pelatihan bagi pekerja untuk meningkatkan keterampilan mereka	3 Jurnal	100%	YES
						P25	Melakukan inspeksi dan perawatan rutin pada mesin produksi dan kendaraan armada	1 Jurnal	100%	YES
	R14	Tempat penyimpanan produk di lokasi proyek tidak cukup	3 Jurnal	75%	YES	M21	Menyiapkan lokasi transit sementara untuk penyimpanan produk pracetak jadi	2 Jurnal	75%	YES
	R15	Desain yang dibuat tidak sesuai sehingga menyebabkan salah produksi	2 Jurnal	50%	YES	P23	Mengontrol rencana desain secara ketat dan rasional	1 Jurnal	100%	YES
	R16	Perubahan desain saat produksi	2 Jurnal	50%	YES	P23	Mengontrol rencana desain secara ketat dan rasional	1 Jurnal	100%	YES
						M20	Melakukan negosiasi dengan pembeli jika ada masalah produksi yang berpotensi menyebabkan keterlambatan pengiriman	2 Jurnal	100%	YES
	R17	Terdapat kesalahan penomoran pada hasil produksi	2 Jurnal	0%	NO	P24	Memastikan departemen produksi memahami SOP dan alur kerja produksi beton	1 Jurnal	100%	YES
R18	Perhitungan komposisi produk yang tidak tepat	3 Jurnal	0%	NO	P24	Memastikan departemen produksi memahami SOP dan alur kerja produksi beton	1 Jurnal	100%	YES	
R19	Perubahan desain yang terlalu sering akan menghasilkan limbah produksi	1 Jurnal	25%	NO	P23	Mengontrol rencana desain secara ketat dan rasional	1 Jurnal	100%	YES	
					P6	Mengusulkan penerapan strategi prefabrikasi ramping (<i>lean prefabrication</i>) untuk mengurangi limbah dan kerugian	1 Jurnal	100%	YES	
R20	Kontrol atas jadwal perakitan buruk	1 Jurnal	50%	YES	P22	Memperkuat pengawasan selama periode perakitan	1 Jurnal	100%	YES	
R21	Kontrol alur kerja yang buruk	1 Jurnal	0%	NO	P24	Memastikan departemen produksi memahami SOP dan alur kerja produksi beton	1 Jurnal	100%	YES	

Tabel 2. Faktor Risiko dan Perlakuan Risiko (Lanjutan)

Tahap	Kode	Risiko	Studi Literatur	Validasi <i>Expert</i>	Hasil	Kode	Perlakuan Risiko	Studi Literatur	Validasi <i>Expert</i>	Hasil
Produksi	R22	Mesin produksi rusak	1 Jurnal	75%	YES	P25	Melakukan inspeksi dan perawatan rutin pada mesin produksi dan kendaraan armada	1 Jurnal	100%	YES
						M17	Mendatangkan atau meminjam mesin produksi dan pekerja dari pabrik lain jika diperlukan	3 Jurnal	25%	NO
						M19	Mendatangkan pekerja khusus untuk memperbaiki alat cetak.	2 Jurnal	75%	YES
	R23	Inspeksi kualitas produk lambat	1 Jurnal	25%	NO	P24	Memastikan departemen produksi memahami SOP dan alur kerja produksi beton	1 Jurnal	100%	YES
	R24	Kurangnya pekerja yang berpengalaman	1 Jurnal	0%	NO	P16	Menyelenggarakan pelatihan bagi pekerja untuk meningkatkan keterampilan mereka	3 Jurnal	100%	YES
	R25	Tahapan pada persetujuan desain terlalu panjang	1 Jurnal	50%	YES	P23	Mengontrol rencana desain secara ketat dan rasional	1 Jurnal	100%	YES
	R26	Masa izin sewa lahan sudah habis	1 Jurnal	50%	YES	P26	Melengkapi dokumen legal yang diperlukan dan memantau pemeliharaan izin secara berkelanjutan	1 Jurnal	100%	YES
	R27	Kesalahan penempatan di tempat penyimpanan karena kecerobohan	1 Jurnal	50%	YES	P24	Memastikan departemen produksi memahami SOP dan alur kerja produksi beton	1 Jurnal	100%	YES
Pengiriman	R28	Pengiriman hasil produksi ke proyek mengalami keterlambatan	4 Jurnal	75%	YES	M27	Mengidentifikasi penyebab keterlambatan pengiriman dan mendiskusikan risiko yang mungkin terjadi	2 Jurnal	100%	YES
						M28	Berkoordinasi dengan pembeli terkait keterlambatan pengiriman sambil mencari operator perawatan alat	2 Jurnal	100%	YES
						M29	Mengadakan alat transportasi dari subkontraktor untuk mendukung distribusi pengiriman	2 Jurnal	100%	YES
						M30	Memberikan informasi transparan kepada pembeli terkait kendala di perjalanan	2 Jurnal	75%	YES
						P31	Mengoptimalkan jarak transportasi agar lebih efisien	1 Jurnal	50%	YES
	R29	Keterbatasan jam operasional untuk kendaraan angkutan berat melintas	2 Jurnal	100%	YES	P7	Mengikuti perkembangan kebijakan/peraturan dan tren pembangunan	1 Jurnal	100%	YES
	R30	Produk yang dikirim ke lokasi proyek tidak sesuai standar	1 Jurnal	0%	NO	P32	Meningkatkan efisiensi transportasi dan keselamatan komponen pracetak	1 Jurnal	100%	YES
	R31	Informasi logistik yang tidak konsisten	1 Jurnal	50%	YES	P2	Meningkatkan koordinasi dan komunikasi antar tim melalui pembentukan tim multidisiplin untuk mendukung produktivitas, efisiensi, dan pemecahan masalah	2 Jurnal	100%	YES
Pengembalian Produk	R32	Produk tidak memenuhi standar	6 Jurnal	100%	YES	P36	Menjaga mutu produk dengan menetapkan persenan produk yang cacat pertahunnya	1 Jurnal	100%	YES
	R33	Pengembalian produk cacat dan gagal saat bongkar muat atau pengantaran	6 Jurnal	100%	YES	M33	Melakukan perbaikan ringan pada produk jika kerusakan tidak terlalu parah	2 Jurnal	100%	YES
						M35	Memproduksi ulang produk pracetak jika diperlukan.	2 Jurnal	100%	YES
						M37	Memproduksi langsung di lokasi proyek jika memungkinkan	2 Jurnal	0%	NO
	R34	Kesalahan instalasi pada elemen pracetak	2 Jurnal	75%	YES	M34	Mengirim pekerja ke lokasi pengiriman untuk memperbaiki masalah di tempat	2 Jurnal	100%	YES

3.2.1 Faktor Risiko

Faktor risiko pada masing-masing *expert* memiliki perbedaan yang didasari oleh beban kerja serta wewenang dalam menjalankan suatu proyek. Misalnya *expert* ke-1, ke-2, dan ke-4 menyetujui bahwa terdapat permasalahan untuk tempat penyimpanan hasil produk tidak cukup di lokasi proyek (R14). Hal tersebut dikarenakan faktor seperti keterlambatan pembebasan lahan sedangkan produk sudah selesai di produksi. Akan tetapi menurut *expert* ke-3 sebagai konsultan pengawas, hal tersebut seharusnya tidak lagi menjadi permasalahan karena produk dapat diletakkan di sekitar lokasi proyek. Selain itu juga terdapat perbedaan pendapat mengenai risiko permintaan produk yang melebihi kapasitas pabrik (R2) yang hanya disetujui oleh *expert* ke-4 yang merupakan *supplier*. Hal itu dapat terjadi jika pabrik tidak mampu memenuhi pesanan sehingga harus memproduksi di pabrik lain. *Expert* ke-1, ke-2, dan ke-3 berpendapat produk yang dipesan sudah disesuaikan dengan kapasitas produksi pabrik itu sendiri sehingga tidak akan melebihi kemampuan produksi pabrik. Risiko saat proses produksi lainnya seperti mesin produksi rusak (R22) juga disetujui oleh *expert* ke-2, ke-3, dan ke-4. Hal tersebut mungkin terjadi akibat umur alat, meskipun perawatan rutin telah dilakukan. Risiko tersebut dapat menyebabkan penundaan sementara dalam proses produksi. *Expert* ke-1 yang merupakan *owner* berpendapat bahwa mesin yang rusak memiliki alternatif lain untuk diganti dengan yang baru sehingga tidak mengganggu urutan pekerjaan. Faktor lainnya seperti kecelakaan kerja juga termasuk risiko yang kritis selama proyek berlangsung (R13). Menurut kontraktor yang merupakan *expert* ke-2, kecelakaan kerja bukan menjadi risiko yang kritis karena proyek seharusnya menerapkan *zero accident*. Pengendalian untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja sudah dilakukan sebelum pekerjaan berlangsung sehingga tidak boleh lagi ada permasalahan yang menyebabkan cedera di lapangan.

3.2.2 Faktor Perlakuan Risiko

Hasil wawancara mengenai faktor perlakuan risiko menunjukkan bahwa sebagian besar *expert* memiliki pendapat yang sama. Terdapat 3 faktor perlakuan risiko yang dianggap tidak bisa dilakukan selama proses produksi beton pracetak berlangsung. Perlakuan tersebut berupa peminjaman atau intervensi dari segi pekerja maupun alat produksi dari pabrik lain (M17). Menurut *expert* ke-2, ke-3, dan ke-4, mensubkontakkan pekerjaan ke *supplier* lain juga tidak bisa dilakukan (M18). Hal tersebut dikarenakan pabrik memiliki kapasitas dan metode masing-masing dalam memproduksi sebuah produk dan tidak didesain untuk saling meminjam alat produksi. Akan tetapi, *owner* sebagai *expert* ke-1 menyebutkan bahwa hal tersebut mungkin saja terjadi jika memang diperlukan. Perlakuan risiko lainnya yang tidak bisa dilakukan pada tahapan produksi beton pracetak adalah memproduksi secara langsung di lapangan (M35). Keempat *expert* sependapat bahwa hal tersebut tidak memungkinkan karena produksi langsung di lokasi proyek membutuhkan penyewaan alat untuk mobilisasi cetakan serta memerlukan lokasi yang luas.

Selain ketiga faktor tersebut, terdapat perbedaan pendapat untuk perlakuan risiko dalam mengoptimalkan jarak pengiriman produk ke lokasi proyek (P31). *Expert* ke-1 sebagai *owner* dan *expert* ke-4 sebagai *supplier* menyebutkan bahwa mengoptimalkan jarak pengiriman tidak memungkinkan karena lokasi sudah ditentukan. Memilih jalur pengiriman baru yang lebih singkat tidak mungkin dilakukan oleh truk-truk berat yang membawa hasil produksi. Terdapat perbedaan pendapat mengenai pengendalian risiko tersebut dengan *expert* ke-2 yang merupakan kontraktor, dan *expert* ke-3 yang merupakan konsultan pengawas. Pengendalian risiko tersebut mungkin saja dilakukan agar jarak yang ditempuh tidak terlalu jauh dan dapat menghemat waktu pengantaran. Perbedaan tersebut dapat muncul dikarenakan perbedaan tugas dan tanggung jawab selama proyek berlangsung.

3.2.3 Hubungan Faktor Risiko dan Perlakuan Risiko

Faktor risiko dan perlakuan risiko yang dihubungkan dengan mengidentifikasi dari jurnal-jurnal terdahulu dan dilakukan validasi dengan *expert* untuk memastikan kesesuaian dengan yang terjadi di lapangan. Terdapat penambahan perlakuan risiko pada tahapan perencanaan yang menjadi pengendalian risiko pada risiko di tahapan produksi. Risiko mengenai biaya produksi yang tinggi (R12) menurut *expert* ke-4 yaitu *owner*, mensubkontrakkan produksi ke pabrik lain (M18) akan menimbulkan *cost* yang semakin besar sehingga mitigasi tersebut kurang tepat. *Expert* ke-4 menambahkan bahwa pengendalian risiko di tahapan perencanaan seperti melakukan perhitungan biaya yang baik untuk memperoleh keuntungan ekonomi secara keseluruhan (P8) dirasa lebih tepat untuk perlakuan risikonya.

Selain itu, risiko pada tahapan pengiriman seperti keterbatasan jam operasional untuk kendaraan angkutan berat melintas (R29) disepakati oleh keempat *expert* jika perlakuan risiko yang tepat yaitu mengikuti perkembangan kebijakan atau peraturan dan tren pembangunan (P7). Kesepakatan dengan masyarakat sekitar juga harus disesuaikan agar tidak mengganggu kenyamanan di sekitar lingkungan proyek. Risiko tersebut seharusnya sudah dilakukan

pengendalian pada tahapan perencanaan rantai pasok beton pracetak, sehingga tidak mengganggu tahapan pengiriman produk ke lokasi proyek.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Faktor risiko dan strategi mitigasi pada tahapan rantai pasok beton pracetak telah dianalisis secara menyeluruh. Faktor risiko yang diperoleh dari studi literatur sebanyak 34 faktor risiko yang terdiri dari 6 risiko pada tahapan perencanaan, 4 risiko pada tahapan pengadaan, 17 risiko pada tahapan produksi, 4 risiko pada tahapan pengiriman, dan 3 risiko pada tahapan pengembalian produk. Setiap faktor tersebut sudah mewakili risiko di setiap tahapan rantai pasok beton pracetak. Selain itu faktor perlakuan risiko juga diidentifikasi sebanyak 37 faktor yang terdiri dari 10 risiko pada tahapan perencanaan, 4 risiko pada tahapan pengadaan, 12 risiko pada tahapan produksi, 6 risiko pada tahapan pengiriman, dan 5 risiko pada tahapan pengembalian produk. Faktor-faktor tersebut kemudian dilakukan validasi dengan 4 *expert* dari *owner*, kontraktor, konsultan pengawas, dan *supplier*. Hasil validasi menunjukkan bahwa data yang diperoleh dari studi literatur sudah mewakili secara keseluruhan tahapan rantai pasok beton pracetak. Hasil penelitian ini dapat dikembangkan untuk memperoleh risiko mana yang paling kritis dan usulan strategi mitigasi yang sesuai dengan tingkat keparahan.

REFERENSI

- Abduh, M., 2012. Buku Konstruksi Indonesia 2012, Harmonisasi Rantai Pasok Konstruksi: Konsepsi, Inovasi dan Aplikasi di Indonesia. Badan Pembinaan Konstruksi, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Arthaningtyas, D., Anggraeni, N., Suharyo, S., 2023. Analisa Risiko pada Rantai Pasok Industri Beton Pracetak Sistem Make-to-Order. *Jurnal Talenta Sipil*, 6(1), 118.
- Bertram, N., Fuchs, S., Mischke, J., Palter, R., Strube, G., Woetzel, J. (2019). "Modular Construction: From projects to products." McKinsey & Company.
- Bian Firena dan Basuki Anondho, 2020. Identifikasi Faktor Pengaruh Dominan Keterlambatan Proyek Akibat Rantai Pasok Pada Pengadaan Pelat Beton Pracetak. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. 3, 4, 1295-1304.
- Cai, Q., Du, Y., Wang, R., 2023. Analysis on Supply Chain Risk Factors of Prefabricated Buildings Using AHP-DEMATEL-ISM Model. *Tehnicki Vjesnik*, 30(5), 1379-1386.
- Chai, S., Liu, M., Zhang, Z., Li, S., 2021. Study on Risk Identification and Key Risks of Prefabricated Building Supply Chain Based on Grounded Theory. *E3S Web of Conferences*, 275. 03076.
- Dazmiri, D., G. & Hamzeh, F., 2023. A framework for design waste mitigation in off-site construction. *Proceedings of the 31st Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC31)*, 1025-1036.
- Dvaipayana, M., Sriwana, I., Prambudia, Y., 2024. Design of supply chain risk mitigation system using house of risk and Fuzzy AHP methods in precast concrete. *Sinergi (Indonesia)*, 28(1), 93-102.
- Hatmoko, J. U. D., Wibowo, M. A., Astuty, M. D., Arthaningtyas, D. R., dan Sholeh, M. N., 2019. Managing risks of precast concrete supply chain: a case study. *MATEC Web of Conferences*, 270, 05004.
- Jin, R., Gao, S., Cheshmehzangi, A., dan Aboagye-Nimo, E., 2018. A Holistic Review of off-site Construction Literature Published between 2008 and 2018. *Journal of Cleaner Production*.
- Li, C. Z., Hong, J., Xue, F., Shen, G. Q., Xu, X., dan Mok, M. K., 2016. Schedule risks in prefabrication housing production in Hong Kong: a social network analysis. *Journal of Cleaner Production*, 134, 482–494.
- Luo, L., Jin X., Shen, G. Q., Wang, Y., Liang, X., Li, X., dan Zhengdao, C., 2020. Supply Chain Management for Prefabricated Building Projects in Hong Kong. *Journal of Management in Engineering*. 36.
- Mei, Y., 2023. Research on Supply Chain Risk of Prefabricated Building Based on AHP Model. *Proceedings of the 2023 4th International Conference on Management Science and Engineering Management (ICMSEM 2023)*, 1038-1046.
- Muka, I. W., Wahyuni, P. I., dan Widiarca, I. K., 2023. Supply Chain Risk Management Model: Case Study of the Precast Concrete Company PT. Adi Jaya Beton Denpasar. *Engineering And Technology Journal*, 8(12), 3175–3183.
- Tantra, E. B., Hansel, A., dan Nugraha, P., 2020. Survei Jenis Pekerjaan, Kelebihan dan Penghambat dalam Penerapan Offsite Manufacturing pada Beberapa Kontraktor di Surabaya. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. 9, 1.
- Undang-Undang No. 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi.