

Eksplorasi Interdependensi Faktor-Faktor Risiko pada Proyek KPBU Jalan Tol Menggunakan *Interpretive Structural Modeling*

Aswanto

Magister Teknik Sipil Konsentrasi Manajemen Proyek Konstruksi, Universitas Katolik Parahyangan
Jalan Ciumbuleuit 94, Bandung 40141 Indonesia. Email: aswanto.daali99@gmail.com

Andreas Wibowo^(*)

Center of Excellence in Urban Infrastructure Development, Departemen Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, Jalan Ciumbuleuit 94, Bandung 40141 Indonesia. Email: andreas_wibowo@unpar.ac.id.

Abstrak

Manajemen risiko memiliki peran vital menentukan keberhasilan proyek infrastruktur menggunakan skema Kerja Sama Pemerintah dengan Badan Usaha (KPBU). Banyak penelitian yang sudah dilakukan terkait risiko yang terjadi pada proyek KPBU. Namun, penelitian yang didedikasikan untuk mengases faktor risiko dengan mempertimbangkan interdependensi antarfaktor risiko masih sangat jarang. Tulisan ini bertujuan menutup kesenjangan pengetahuan ini dengan mengidentifikasi dan mengeksplorasi interdependensi tersebut menggunakan *interpretive structural modeling (ISM)* dengan fokus pada proyek jalan tol. Penelitian ini mengidentifikasi empat belas faktor risiko yang relevan. Data primer dikumpulkan melalui kuesioner kepada sebelas responden terpilih. Dalam penelitian ini terungkap faktor-faktor risiko saling berinteraksi satu dengan yang lainnya meski dengan kekuatan yang berbeda-beda. Hasil ISM memperlihatkan bahwa kondisi lahan yang sulit dan keterlambatan serta kenaikan biaya pembebasan lahan signifikan berpengaruh terhadap faktor risiko lainnya. Model ISM juga menunjukkan bahwa kedua faktor risiko ini berada pada level terendah yang menegaskan keduanya sebagai faktor risiko yang penting. Keduanya juga diklaster ke dalam kategori risiko yang independen yang memiliki tingkat pengaruh yang tinggi dan dipengaruhi yang rendah. Dengan demikian, temuan ini mengkonfirmasi temuan dalam penelitian-penelitian sebelumnya yang sering menempatkan risiko lahan pada peringkat tinggi. Tulisan ini juga memaparkan keterbatasan penelitian dan menawarkan arah bagi penelitian ke depan.

Kata-kata kunci: Faktor risiko, jalan tol, kerja sama pemerintah dan badan usaha, interdependensi, *interpretive structural modeling*, Indonesia.

Abstract

Risk management is critical to the success of Public-Private Partnership (PPP) infrastructure projects. Numerous studies have been conducted to assess the risks of PPP projects. However, those devoted to assessing risk factors while taking interactions into account are scarce, at least in the context of Indonesia. This paper aims to fill this knowledge gap by identifying and investigating interdependence risk factors in toll-road projects using *interpretive structural modeling (ISM)*. This study identified fourteen risk factors relevant to toll road projects. A survey of eleven selected respondents was used to collect primary data. It has been found that the identified risk factors interact with one another to varying degrees. The ISM-based model revealed that unforeseen site conditions and time and cost overruns in land acquisition significantly impact other risk factors. These two factors are at the bottom of the ISM-based model, indicating that they are critical risk factors. They are also classified as independent risk factors with high driving power but low dependence. Accordingly, this finding confirms many previous research findings, which frequently ranked land acquisition risk as critical. This paper acknowledges limitations and suggests future research directions.

Keywords: Risk factors, toll road, public-private partnership, interdependencies, *interpretive structural modeling*, Indonesia.

1. Pendahuluan

Ketersediaan infrastruktur yang andal dan memadai menjadi salah satu pilar pertumbuhan ekonomi nasional. Pemerintah terus mengupayakan pemenuhan ketersediaan infrastruktur melalui peningkatan alokasi anggaran dari tahun ke tahun. Berdasarkan Peraturan

Presiden (Perpres) Nomor 18 Tahun 2020 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020–2024, kebutuhan pendanaan infrastruktur sebesar Rp6.445 triliun, yang meningkat dari kurun waktu lima tahun sebelumnya yang mencapai Rp5.519 triliun. Dari Rp6.445 triliun, kemampuan Pemerintah dalam mendanai proyek

* Penulis Korespondensi: andreas_wibowo@unpar.ac.id.

infrastruktur hanya sebesar Rp2.385 triliun atau 37% dari total kebutuhan. Sumber pendanaan lain diharapkan dapat menutupi sebagian besar sisanya yaitu 63%, salah satunya melalui skema Kerja Sama Pemerintah Badan Usaha (KPBU).

Sektor jalan tol menjadi salah satu infrastruktur ekonomi prioritas dalam RPJMN tersebut untuk meningkatkan konektivitas. Pemerintah telah menargetkan 2.500 kilometer jalan tol baru terbangun atau beroperasi selama kurun waktu 2020–2024 yang membutuhkan pendanaan yang masif. Dengan demikian, skema KPBU dapat menjadi salah satu opsi yang paling fisibel untuk merealisasikan target tersebut. Skema ini merupakan kontrak jangka panjang yang mana seluruh risiko yang biasanya ditanggung oleh Pemerintah sebagian ditransfer kepada badan usaha dengan diberikan kompensasi finansial (Wibowo & Mohamed, 2010). Pembagian risiko antara pemerintah dan badan usaha ini menjadi salah satu karakter spesifik yang membedakan dengan skema penyediaan infrastruktur konvensional.

Identifikasi, analisis, alokasi, dan mitigasi risiko yang tepat merupakan salah satu faktor kunci sukses dan sekaligus mendorong terciptanya nilai manfaat uang (*value for money*; VfM) proyek KPBU infrastruktur (Chan et al., 2018; Cui et al., 2019; Shrestha et al., 2018). (Ng & Loosemore, 2007) menyatakan kompleksitas dan ketidakjelasan risiko yang dihadapi dapat mengakibatkan terjadinya kesulitan dalam mendistribusikan risiko dengan tepat. Penelitian terkait identifikasi dan analisis risiko proyek jalan tol di Indonesia telah banyak dilakukan, yang umumnya bersifat kasuistik (Hermawan et al., 2011; Purnomo & Dalijus, 2007; Rahmawati & Tenriajeng, 2020; Rostiyanti & Tamin, 2010; Sandhyavitri & Saputra, 2019; Santoso et al., 2012; Wardhana et al., 2014). Satu kesamaan fitur dari penelitian-penelitian eksisting adalah asumsi yang dikenakan saat analisis risiko bahwa risiko atau faktor risiko bersifat independen. Faktanya, antarfaktor risiko sering berkorelasi antara satu dengan lainnya (Afzal et al., 2020; Iyer & Sagheer, 2010; Tavakolan & Etemadinia, 2017).

Tulisan ini bertujuan mengeksplorasi interdependensi faktor-faktor risiko dalam proyek investasi jalan tol yang menggunakan skema KPBU menggunakan *interpretive structural modeling* (ISM) (Watson, 1978). Selain memperkaya literatur analisis risiko eksisting, tulisan ini juga dapat memberikan kontribusi dalam hal perumusan strategi mitigasi risiko yang tepat untuk faktor-faktor risiko yang krusial sehingga penanganan risiko dapat menjadi lebih fokus.

2. Kajian Literatur

Purnomo dan Dalijus (2007) melakukan identifikasi risiko pada proyek jalan tol di Indonesia. Berdasarkan wawancara dan survei kuesioner dengan para pakar disimpulkan bahwa risiko utama meliputi ketidakpastian besaran tarif tol; perkiraan biaya konstruksi, operasi, dan pemeliharaan; volume lalu lintas; tingkat pengembalian investasi; masa konsesi; kematangan dalam pengambilan keputusan; profesionalisme sikap; dan durasi penyelesaian

proyek. Simpulan lainnya adalah faktor internal disebutkan lebih dominan dari pada faktor eksternal. Dalam tulisan mereka tidak disebutkan lebih mendetail metodologi pengumpulan datanya, e.g., responden yang terlibat dalam penelitian, prosedur pengumpulan data, dan tata cara penilaian pendapat pakar.

Hermawan et al. (2011) fokus pada risiko pembebasan lahan pada Proyek Jalan Tol Semarang–Bawen dengan melakukan identifikasi faktor-faktor risiko dalam pembebasan lahan dan menganalisis faktor-faktor tersebut. Metodologi yang digunakan adalah hibrid antara kualitatif dan kuantitatif. Dalam penelitian ini disebutkan faktor-faktor penting meliputi proses sosialisasi, pengetahuan dan kesadaran hukum warga terhadap proyek untuk kepentingan umum, dan penegakan hukum. Keterlambatan pembebasan lahan juga dipengaruhi oleh faktor organisasi pelaksana proyek yang dianggap tidak konsisten yang mengakibatkan keterlambatan pengambilan keputusan.

Novianti (2011) menggunakan pendekatan Delphi dan Fault Tree Analysis untuk menganalisis risiko pendapatan tol saat prakonstruksi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh simpulan kejadian-kejadian yang menempati peringkat atas meliputi potensi kerugian pendapatan yang disebabkan risiko tarif, volume lalu lintas yang tidak sesuai dengan prediksi, kahar, dan kejadian-kejadian yang bersifat non-revenue.

Santoso et al. (2012) melakukan asesmen dan menentukan alokasi risiko yang efisien berdasarkan perspektif badan usaha. Ada 55 faktor risiko yang teridentifikasi dan berdasarkan nilai kemungkinan terjadi dan dampaknya jika terjadi diperoleh 18 faktor risiko yang dapat dikategorikan penting. Temuan lainnya adalah risiko pembebasan lahan merupakan risiko paling signifikan dan 10 dari 18 faktor risiko penting merupakan tanggung jawab pemerintah. Dalam penelitian ini juga dikaji keterkaitan antarfaktor risiko menggunakan mekanisme risiko dengan fokus pada volume lalu lintas dan tarif tol.

Wardhana et al. (2014) menggunakan 12 faktor risiko yang dianggap signifikan mempengaruhi biaya proyek konstruksi Proyek Jalan Tol Surabaya–Mojokerto Seksi IB untuk mengestimasi besaran kontingensi. Yang menarik dari penelitian ini adalah adanya upaya untuk mempertimbangkan interdependensi antar-risiko melalui *reachability matrix*. Namun, bagaimana interdependensi ini dibangun dan parameter yang dibutuhkan untuk mengestimasi probabilitas dan dampak sebagai dasar kalkulasi *expected monetary value* tidak dijelaskan lebih detail. Dalam penelitian ini disimpulkan bahwa kontingensi yang dihitung masih dalam interval yang wajar.

Zulfiqar dan Sandhyavitri (2014) melakukan simulasi Monte Carlo untuk menganalisis risiko pada Proyek Pembangunan Jalan tol Pekanbaru–Dumai. Risiko-risiko yang dianalisis meliputi risiko yang berkaitan dengan pendanaan, konstruksi, dan peralatan, dan kahar. Untuk menentukan parameter yang dibutuhkan untuk membangun fungsi kerapatan probabilitas, penelitian ini menggunakan Pedoman Teknis 01-2005-

B yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum (sekarang menjadi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat) sebagai acuan perbandingan. Satu catatan yang dapat disampaikan dari penelitian ini adalah ketidakjelasan data yang digunakan (ordinal dan rasio) untuk kepentingan pemodelan risiko.

Astiti et al. (2015) menganalisis risiko-risiko yang dapat terjadi pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Benoa-Bandara-Nusa Dua melalui pendekatan wawancara pakar. Analisis dilakukan dengan mengestimasi kemungkinan terjadi dan konsekuensi jika terjadi atas suatu risiko. Ada 54 risiko yang diidentifikasi, yang terbagi ke dalam kategori tidak bisa diterima (unacceptable) sebanyak 20, tidak diinginkan (undesirable, 23), dapat diterima (9), dan sisanya dapat diabaikan (2). Penilaian kemungkinan terjadi dan konsekuensi menggunakan Skala Likert 1-5 dengan asumsi setiap risiko bersifat independen.

Nurdiana dan Setiabudi (2018) mengidentifikasi sebelas peristiwa risiko pada Proyek Jalan Tol Ruas Semarang-Bawen dan mengategorikan ke dalam risiko teknis, pengadaan, kontraktual, dan manajerial. Berdasarkan hasil survei, wawancara, dan observasi diperoleh bahwa risiko terbesar adalah risiko kontraktual dengan sebagian besar peristiwa risiko untuk proyek ini dapat diterima. Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah peristiwa risiko saling independen. Rantung et al. (2018) mengidentifikasi 30 peristiwa risiko yang dapat terjadi pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Manado-Bitung yang dikelompokkan ke dalam risiko yang tidak dapat diterima (2), tidak diinginkan (14), dapat diterima (8), dan dapat diabaikan (6) berdasarkan hasil survei pakar.

Sandhyavitri dan Saputra (2019) mengidentifikasi lima faktor utama risiko pada Proyek Jalan Tol Pekanbaru-Dumai, yang meliputi perizinan, kelayakan, desain, pembebasan lahan, dan investasi. Analisis risiko menggunakan pendekatan kuantitatif dengan mengestimasi besaran kemungkinan terjadi dan dampaknya jika terjadi. Salah satu temuan mereka adalah besaran risiko pada proyek ini lebih rendah daripada besaran yang tercantum dalam Pedoman Teknis 01-2005-B. Catatan yang sama untuk penelitian Zulfiqar dan Sandhyavitri (2014) juga berlaku untuk penelitian ini yang mana tidak terdapat ketidakjelasan tipe data yang digunakan (ordinal dan rasio).

Purwana dan Suryani (2020) mengkaji tingkat kepentingan 40 risiko pada Proyek Jalan Tol Serpong-Cinere berdasarkan survei pakar. Berdasarkan penerimaan risiko, 3 risiko dikategorikan tidak dapat diterima, 25 tidak diinginkan, 4 diterima, dan 7 diabaikan. Dalam penelitian ini disebutkan juga sebagian besar risiko menjadi kendala kontraktor.

Rahmawati dan Tenriajeng (2020) melakukan analisis risiko pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Bekasi-Cawang-Kampung Melayu dengan mengombinasikan teknik Delphi dan survei pakar menggunakan kuesioner. Ada 49 faktor risiko yang teridentifikasi yang dikelompokkan ke dalam kategori tidak bisa diterima, tidak diinginkan, dapat diterima, dan dapat diabaikan. Dalam penelitian ini juga digunakan pembobotan atas

kelompok tersebut menggunakan analytic hierarchy process (AHP), namun tidak dijelaskan lebih detail maksud dan tujuan pembobotan dalam konteks penelitian ini.

Debataraja et al. (2020) menganalisis risiko investasi Proyek Jalan Tol Padang-Sicincin menggunakan Fuzzy AHP dan membandingkan hasilnya dengan besaran yang tercantum dalam Pedoman Teknis 01-2005-B. Berdasarkan temuan mereka, risiko pada tahap prakonstruksi dan konstruksi dapat dikategorikan sebagai risiko tinggi, terutama pada risiko ketersediaan lahan dan penolakan masyarakat. Tjendani et al. (2020) mengidentifikasi faktor-faktor risiko yang mungkin terjadi selama perencanaan, penyiapan, transaksi, dan pelaksanaan yang merupakan tahapan dalam penyediaan infrastruktur menggunakan skema KPBU atas prakarsa pemerintah berdasarkan kajian literatur.

Berdasarkan kajian atas literatur terdahulu dapat disimpulkan bahwa sudah sangat banyak penelitian terpublikasi mengenai risiko KPBU dalam penyediaan infrastruktur jalan tol di Indonesia. Sebagian besar penelitian difokuskan pada identifikasi dan asesmen risiko menggunakan survei pakar untuk mengestimasi kemungkinan terjadi dan dampaknya jika terjadi. Penilaian pada umumnya dinyatakan dalam skala ordinal dengan Skala Likert yang dalam beberapa penelitian dicampuradukkan dengan skala rasio saat mengestimasi besaran risiko. Selanjutnya, berdasarkan asesmen yang dilakukan, faktor-faktor risiko dikelompokkan ke dalam beberapa kategori. Yang paling kentara adalah sejauh ini masih sangat terbatas penelitian yang secara spesifik didedikasikan untuk mengeksplorasi keterkaitan antarfaktor risiko.

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan semikuantitatif dengan teknik pemodelan ISM (Watson, 1978). ISM merupakan sistem representasi melalui aplikasi interatif yang sistematis dari graph theory yang menghasilkan gambar terarah (*directed graph; digraph*) untuk suatu sistem yang kompleks untuk suatu relasi kontekstual antarelemen dalam suatu set (Sushil, 2012). Tujuan utama penggunaan ISM ini adalah untuk mengidentifikasi hubungan antara elemen yang sedang dianalisis, untuk menghasilkan sistem struktur yang lebih baik (Jena et al., 2016). Dalam ranah konstruksi, metode ini digunakan untuk, misal, interaksi antar risiko konstruksi (Tavakolan & Etemadnia, 2017), strukturisasi risiko dalam proyek KPBU (Iyer & Sagheer, 2010), identifikasi faktor penghambat konstruksi ramping (Aadithya et al., 2021; Jena et al., 2016; Yadav & Desai, 2017), analisis relasi penyebab antarfaktor keterlambatan proyek konstruksi (Rezaee & Yousefi, 2021), penghambat penggunaan Building Information Modeling untuk kontraktor kecil dan menengah (Rezaee & Yousefi, 2021), dan pemodelan pembengkakan biaya (Shoar et al., 2021).

3.1 Identifikasi risiko

Penelitian ini mengidentifikasi faktor risiko berdasarkan acuan alokasi risiko yang dipublikasikan (PT

Penjaminan Infrastruktur Indonesia, 2021) dan melakukan validasi menggunakan penelitian terdahulu yang relevan, sebagaimana tersaji dalam **Tabel 1**.

3.2 Pengumpulan data

Data primer adalah penilaian responden pakar mengenai keterkaitan antarfaktor-risiko yang

Tabel 1. Identifikasi faktor risiko proyek KPBU infrastruktur jalan tol

No.	Faktor Risiko	Kode	Deskripsi ¹	Referensi
1.	Keterlambatan dan kenaikan biaya pembebasan lahan	E ₁	Keterlambatan dan kenaikan biaya akibat proses pembebasan lahan yang berkepanjangan	(Debataraja et al., 2020; Hermawan et al., 2011; Novianti, 2011; Nurdiana & Setiabudi, 2018; Purwana & Suryani, 2020; Rahmawati & Tenriajeng, 2020; Rantung et al., 2018; Sandhyavitri & Saputra, 2019; Santoso et al., 2012; Setiawan et al., 2016)
2.	Kesulitan pada kondisi lokasi yang tidak terduga	E ₂	Tidak teridentifikasinya utilitas dan kesulitan proses relokasi utilitas, sehingga terjadi keterlambatan dan mungkin dilakukan perpindahan rute	(Hermawan et al., 2011; Rahmawati & Tenriajeng, 2020; Santoso et al., 2012; Setiawan et al., 2016)
3.	Kenaikan biaya konstruksi	E ₃	Kenaikan akibat perubahan volume pekerjaan ataupun harga material	(Debataraja et al., 2020; Santoso et al., 2012; Setiawan et al., 2016; Zulfiqar & Sandhyavitri, 2014)
4.	Kesalahan desain	E ₄	Menyebabkan ekstra/revisi desain yang diminta operator	(Debataraja et al., 2020; Purnomo & Dalijus, 2007; Purwana & Suryani, 2020; Rahmawati & Tenriajeng, 2020; Rantung et al., 2018; Sandhyavitri & Saputra, 2019; Setiawan et al., 2016)
5.	Terlambatnya penyelesaian konstruksi	E ₅	Termasuk akibat kualitas keahlian SDM yang buruk, terbatasnya ketersediaan material dan peralatan, terlambatnya pengembalian akses lokasi	(Debataraja et al., 2020; Hermawan et al., 2011; Nurdiana & Setiabudi, 2018; Purnomo & Dalijus, 2007; Rahmawati & Tenriajeng, 2020; Rantung et al., 2018; Santoso et al., 2012; Setiawan et al., 2016; Zulfiqar & Sandhyavitri, 2014)
6.	<i>Default</i> badan usaha, sponsor dan <i>lender</i> proyek	E ₆	<i>Default</i> badan usaha yang mengarah ke terminasi oleh <i>financier</i> , dan atau <i>default</i> pihak sponsor (atau anggota konsorsium) dan atau <i>default</i> pihak institusi keuangan/perbankan (atau sindikasi) karena perubahan kebijakan/ <i>trust</i> terhadap badan usaha atau akibat isu internal <i>lender</i>	(Purnomo & Dalijus, 2007; Santoso et al., 2012)
7.	Kegagalan mencapai <i>financial close</i>	E ₇	Tidak tercapainya <i>financial close</i> karena ketidakpastian kondisi pasar atau struktur modal proyek yang tidak optimal	(Debataraja et al., 2020; Purnomo & Dalijus, 2007; Rantung et al., 2018; Sandhyavitri & Saputra, 2019; Santoso et al., 2012; Setiawan et al., 2016)
8.	Risiko tingkat inflasi dan suku bunga	E ₈	Kenaikan tingkat inflasi terhadap asumsi dalam <i>life cycle cost</i> dan suku bunga	(Debataraja et al., 2020; Rantung et al., 2018; Santoso et al., 2012; Setiawan et al., 2016; Zulfiqar & Sandhyavitri, 2014)
9.	Kenaikan biaya O&M	E ₉	Akibat kesalahan estimasi biaya O&M atau kenaikan tidak terduga	(Purnomo & Dalijus, 2007; Rahmawati & Tenriajeng, 2020)
10.	Perubahan proyeksi volume permintaan	E ₁₀	Kesalahan input parameter dan perancangan model sehingga hasil estimasi menyimpang yang mengakibatkan penurunan pendapatan dan defisit bagi badan usaha	(Novianti, 2011; Purnomo & Dalijus, 2007; Santoso et al., 2012; Setiawan et al., 2016)
11.	Kesalahan perhitungan estimasi tarif	E ₁₁	Penetapan tarif terlalu optimis atau di atas kemauan membayar konsumen dan atau tarif lebih rendah dari proyeksi	(Novianti, 2011; Santoso et al., 2012)
12.	Risiko konektivitas jaringan jalan dan transportasi	E ₁₂	Ingkar janji otoritas membangun dan memelihara jaringan yang diperlukan	(Santoso et al., 2012)
13.	Gagal/terlambatnya perolehan persetujuan dan perizinan	E ₁₃	Risik yang dipicu keputusan sepihak/tidak wajar dari otoritas terkait	(Rahmawati & Tenriajeng, 2020; Rantung et al., 2018; Santoso et al., 2012)
14.	<i>Force majeure</i>	E ₁₄	Terjadinya bencana alam, peristiwa perang, kerusakan, gangguan keamanan masyarakat, dan akibat perubahan iklim atau faktor lain	(Debataraja et al., 2020; Novianti, 2011; Rantung et al., 2018; Santoso et al., 2012; Zulfiqar & Sandhyavitri, 2014)

Catatan: ¹ Sebagian deskripsi ini mengacu pada deskripsi yang diberikan dalam (PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia, 2021)

dinyatakan dalam empat opsi yang harus dipilih salah satu. Keempat opsi tersebut adalah relasi yang searah, berkebalikan, saling berkaitan (interrelasi), dan sama sekali tidak berelasi. Sebagai contoh, jika ada faktor risiko E_i dan E_j , setiap responden memilih opsi $E_i \rightarrow E_j$ yang merefleksikan bahwa faktor E_i mempengaruhi E_j , $E_i \leftarrow E_j$ yang menyatakan faktor E_j mempengaruhi E_i , $E_i \leftrightarrow E_j$ yang menunjukkan antara E_i dan E_j saling mempengaruhi, dan $E_i \nleftrightarrow E_j$ yang menandakan antara E_i dan E_j tidak saling mempengaruhi. **Gambar 1** memperlihatkan contoh pertanyaan yang diajukan kepada responden. Karena dalam penelitian ini teridentifikasi 14 faktor risiko, setiap responden diminta mengisi sebanyak $(14^2 - 14) = 182$ butir pertanyaan.

	$(E_i \rightarrow E_j)$	$(E_i \leftarrow E_j)$	$(E_i \leftrightarrow E_j)$	$(E_i \nleftrightarrow E_j)$
Keterlambatan dan kenaikan biaya pembebasan lahan (E_1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kesulitan pada kondisi lokasi yang tidak terduga (E_2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gambar 1. Contoh butir pertanyaan dalam kuesioner tentang relasi antara dua faktor risiko

Data primer diperoleh melalui kuesioner yang didistribusikan pada responden terpilih melalui media Whatsapp® atau surat elektronik. Setiap responden diberi waktu selambatnya sepuluh hari untuk mengisi kuesioner yang dimaksud. Dalam kuesioner responden juga diminta mengisi beberapa data yang berkaitan dengan demografi mereka.

Karena ISM bukan merupakan metode statistik, isu tentang jumlah sampel (*sample size*) menjadi kurang relevan karena yang lebih ditekankan adalah kualitas pengetahuan dan pengalaman responden itu sendiri. Oleh karena itu, penelitian ini menetapkan bahwa responden harus memiliki pengetahuan dan/atau pengalaman (*hands-on*) dalam proyek infrastruktur dengan skema KPBU. Untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif dan tidak menghasilkan simpulan yang bias, distribusi afiliasi responden juga turut dipertimbangkan. Dengan demikian, responden penelitian diharapkan dapat pula mewakili pemangku kepentingan yang berbeda, termasuk sebagai Penanggung Jawab Proyek Kerja Sama, badan usaha penyiapan, badan usaha pelaksana, badan usaha penjaminan, dan institusi pendidikan.

3.3 Analisis data

Dalam ISM, keempat relasi yang ada dinyatakan dengan notasi V untuk $E_i \rightarrow E_j$, A untuk $E_i \leftarrow E_j$, X untuk $E_i \leftrightarrow E_j$, dan O untuk $E_i \nleftrightarrow E_j$. Sebagai agregasi data digunakan modus dari empat opsi yang dipilih seluruh responden untuk masing-masing faktor risiko yang selanjutnya direpresentasikan dalam Self Structural Interaction Matrix (SSIM).

SSIM ini diterjemahkan lebih lanjut ke dalam Initial Reachability Matrix (IRM) dengan mengganti notasi V, A, X, O ke dalam nilai "0" dan "1" dengan ketentuan sebagai berikut: jika relasi yang terjadi adalah V, entri $(i,j) = 1$ dan entri $(j,i) = 0$; A maka entri $(i,j) = 0$ dan entri $(j,i) = 1$; X maka entri $(i,j) = 1$ dan entri $(j,i) = 1$; O maka entri $(i,j) = 0$ dan $(j,i) = 0$. Relasi kontekstual berdasarkan

input data yang diperoleh harus memenuhi prinsip transitivitas, artinya jika E_i mempengaruhi E_j , E_j mempengaruhi E_k , E_i seharusnya mempengaruhi E_k . Jika dalam suatu entri $(i,j) = 0$ yang tidak memenuhi prinsip transitivitas, entri tersebut disesuaikan nilainya menjadi 1. Algoritma Warshall (Warshall, 1962) dapat digunakan untuk keperluan ini. Setelah penyesuaian dilakukan dihasilkan Final Reachability Matrix (FRM).

FRM digunakan untuk membangun partisi level dengan terlebih dahulu menentukan reachability set dan antecedent set. Reachability set adalah set yang mengandung faktor-faktor risiko yang dipengaruhi oleh suatu faktor risiko; dengan kata lain, faktor-faktor risiko yang memiliki nilai "1" dalam baris, sementara antecedent set adalah faktor-faktor risiko yang mempengaruhi suatu faktor atau faktor-faktor risiko yang memiliki nilai "1" pada kolom. Faktor-faktor risiko yang terkandung dalam reachability set dan antecedent set dimasukkan dalam intersection set. Partisi level dapat diidentifikasi secara iteratif dengan membandingkan reachability dan intersection set. Untuk prosedur yang lebih detail dapat dirujuk Poduval et al. (2015). Berdasarkan partisi level ini dibangun digraph (directed graph) yang memperlihatkan hierarki dan relasi faktor risiko.

Berdasarkan nilai-nilai dalam FRM pula ditentukan nilai driving power suatu faktor risiko dengan menjumlahkan "1" pada baris dan dependence power dengan menjumlahkan "1" pada kolom. Peringkat suatu faktor untuk driver dan dependence power ditentukan berdasarkan hasil penjumlahan yang diperoleh untuk baris dan kolom. Dengan data yang sama, suatu faktor risiko dapat diposisikan ke dalam satu dari empat kuadran dalam Cross-Impact Matrix Multiplication Applied to Classification (MICMAC): autonomous (driving power = rendah, dependence power = rendah), dependent (driving power = rendah, dependence power = tinggi), linkage (driving power = tinggi, dependence power = tinggi), dan independent (driving power = tinggi, dependence power = rendah). Keseluruhan analisis data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan piranti lunak ISM Professional 2.0 (<https://swanstatistics.com/ism-professional-2-0>).

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil analisis data

Sebanyak 11 responden berpartisipasi dalam penelitian ini dengan demografi responden sebagaimana disajikan dalam **Tabel 2**. Berdasarkan analisis data hasil survei dibangun SSIM yang selanjutnya dikonversi menjadi IRM dan FRM (lihat **Tabel 3** dan **4**). Sebagai catatan, notasi "1*" merupakan hasil penyesuaian untuk pemenuhan transitivitas. Sebagai contoh, hubungan faktor risiko E_1 terhadap E_{11} adalah "1", dan E_{11} terhadap E_{12} juga adalah "1." Dengan demikian, relasi E_1 terhadap E_{12} yang sebelumnya dari IRM adalah "0" berubah menjadi "1." Relasi antara faktor risiko E_1 terhadap E_4 tidak mengalami perubahan karena relasi antara E_1 dan E_3 adalah "1" sementara tidak ada hubungan antara faktor risiko E_3 dan E_4 ("0").

Tabel 2. Demografi responden penelitian

Kode	Afiliasi	Pengalaman Kerja (Tahun)	Jumlah Proyek yang Pernah Ditangani	Pendidikan	Profesi	Sektor Proyek
R1	Badan Usaha Milik Daerah	> 15	> 5	S3	Akademisi dan praktisi	Jalan
R2	Kementerian Teknis	> 15	3–4	S2	Praktisi	Jalan, perumahan
R3	Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT)	10–15	> 5	S2	Praktisi	Jalan
R4	Kementerian Teknis	> 15	1–2	S2	Praktisi	Jalan
R5	Kementerian Teknis	0–5	1–2	S2	Praktisi	Jalan
R6	Kementerian Teknis	10–15	> 5	S2	Praktisi	Jalan, pelabuhan, bendungan
R7	Badan Usaha Milik Swasta	> 15	1–2	S2	Akademisi	Jalan
R8	Badan Usaha Milik Swasta	> 15	1–2	S1	Praktisi	Jalan
R9	Universitas	5–10	> 5	S2	Akademisi	Jalan, jembatan, Bendungan
R10	Badan Usaha Milik Swasta	<5	1–2	S2	Praktisi	Jalan
R11	Badan Usaha Milik Swasta	10–15	1–2	S1	Praktisi	Jalan

Tabel 3. Initial reachability matrix faktor risiko

	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}
E_1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
E_2	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0
E_3	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0
E_4	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
E_5	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
E_6	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
E_7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
E_8	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0
E_9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
E_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
E_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
E_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
E_{13}	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
E_{14}	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabel 4. Final reachability matrix faktor risiko

	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}
E_1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1*	1	0
E_2	1	1	1	1	1	1*	1*	0	1	1	1	1*	1	0
E_3	0	0	1	0	1	1	1	1*	1	1*	1	1*	1*	0
E_4	0	0	1	1	1	1*	1*	0	1	1	1	1	1	0
E_5	0	0	1	0	1	1	1	1*	1	1	1	1	1	0
E_6	0	0	1	0	0	1	1	1*	0	0	1	1*	0	0
E_7	0	0	0	0	0	0	1	1	1*	1*	1	1*	0	0
E_8	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1*	0	0
E_9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1*	0	0
E_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1*	0	0
E_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1*	0
E_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
E_{13}	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
E_{14}	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabel 5 menyajikan hasil akhir iterasi partisi level (iterasi per tahapnya dapat dilihat pada Lampiran).

Gambar 2 menampilkan relasi antarfaktor risiko berdasarkan FRM dan partisi level. Hampir seluruh faktor risiko memiliki hubungan satu sama lainnya.

Hal ini mengindikasikan bahwa faktor risiko dalam investasi jalan tol tidak berdiri sendiri atau independen melainkan saling terkait satu dengan lainnya. Hanya faktor risiko *force majeure* yang tidak memiliki hubungan terhadap faktor risiko lainnya dikarenakan

Tabel 5. Partisi level faktor risiko

Faktor Risiko	Reachability Set	Antecedent Set	Intersection Set	Partisi Level
Keterlambatan dan kenaikan biaya pembebasan lahan (E_1)	$\{E_1, E_3, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_1\}$	$\{E_1\}$	1
Kesulitan pada kondisi lokasi yang tidak terduga (E_2)	$\{E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_2\}$	$\{E_2\}$	1
Kenaikan biaya konstruksi (E_3)	$\{E_3, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_1, E_2, E_3\}$	$\{E_3\}$	2
Kesalahan desain (E_4)	$\{E_4, E_5, E_6, E_7, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_2, E_4\}$	$\{E_4\}$	2
Terlambatnya penyelesaian konstruksi (E_5)	$\{E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5\}$	$\{E_5\}$	3
Default badan usaha, sponsor dan lender proyek (E_6)	$\{E_6, E_7, E_8, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6\}$	$\{E_6\}$	4
Kegagalan mencapai <i>financial close</i> (E_7)	$\{E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7\}$	$\{E_7\}$	5
Tingkat inflasi dan suku bunga (E_8)	$\{E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_3, E_5, E_6, E_7, E_8\}$	$\{E_8\}$	6
Kenaikan biaya O&M (E_9)	$\{E_9, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_7, E_8, E_9\}$	$\{E_9\}$	17
Perubahan proyeksi volume permintaan (E_{10})	$\{E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_7, E_8, E_{10}\}$	$\{E_{10}\}$	7
Kesalahan perhitungan estimasi tarif (E_{11})	$\{E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}\}$	$\{E_{11}\}$	8
Konektivitas jaringan jalan dan transportasi (E_{12})	$\{E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_{12}\}$	9
Gagal/terlambatnya perolehan persetujuan dan perizinan (E_{13})	$\{E_{13}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_{13}\}$	10
Force majeure (E_{14})	$\{E_{14}\}$	$\{E_{14}\}$	$\{E_{14}\}$	10

risiko ini tidak dapat diprediksi dan di luar kendali para pihak dalam proyek KPBU jalan tol. Selanjutnya setiap faktor diplotkan ke kuadran MICMAC dengan nilai rerata *driving* dan *dependence power* digunakan sebagai batas kuadran (**Gambar 3**).

4.2 Pembahasan

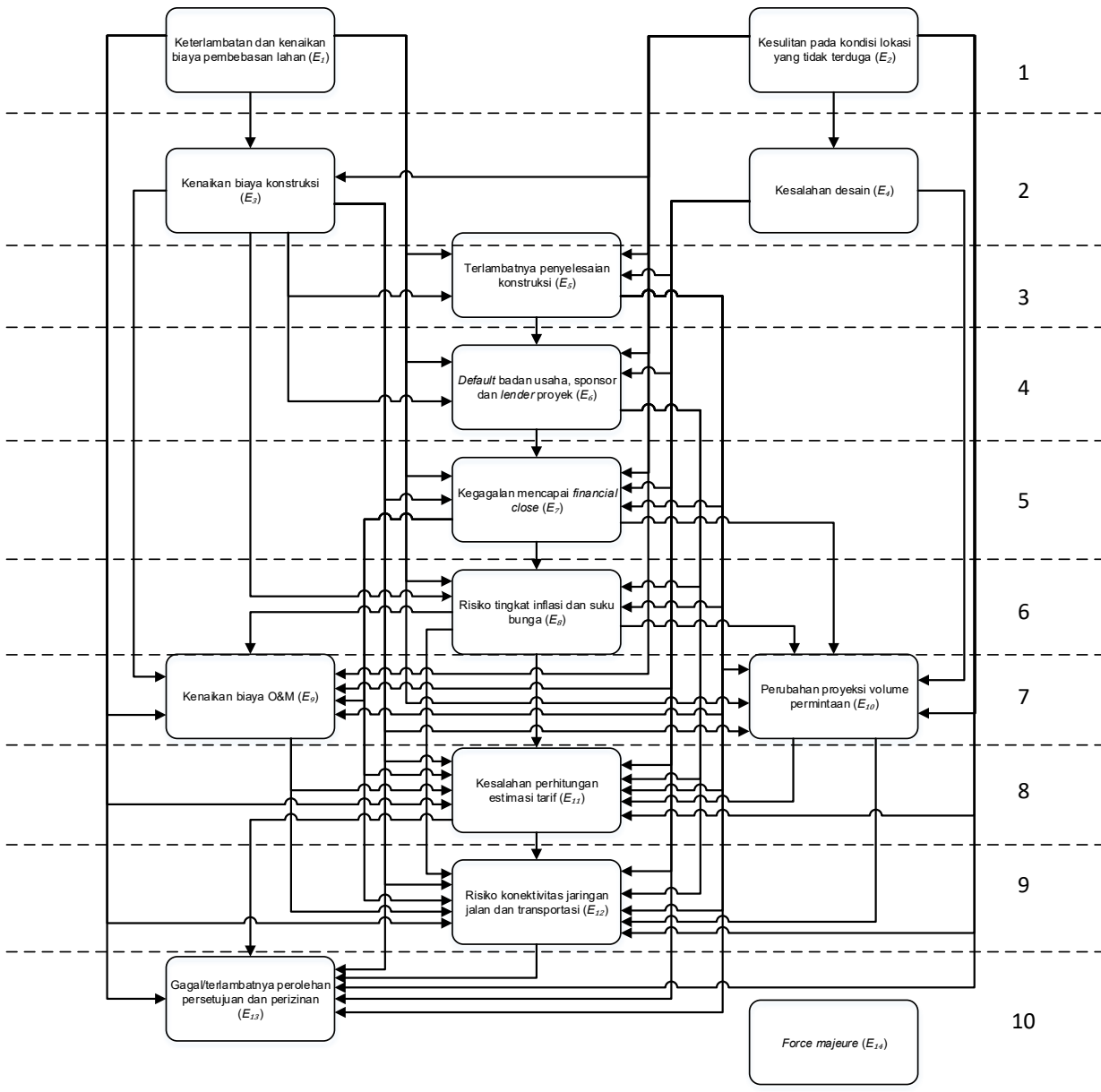
Berdasarkan FRM, peringkat tertinggi faktor risiko dalam hal *driving power* adalah kesulitan pada kondisi lokasi yang tidak terduga, diikuti oleh keterlambatan dan kenaikan biaya pembebasan lahan, yang keduanya berkaitan dengan risiko lokasi. Tiga faktor risiko berikutnya adalah kenaikan biaya konstruksi, kesalahan desain, dan terlambatnya penyelesaian konstruksi yang berkaitan dengan risiko konstruksi. Peringkat selanjutnya ditempati risiko berkaitan dengan makroekonomi yaitu tingkat inflasi dan suku bunga. *Default* badan usaha, sponsor, dan *lender* proyek dan kegagalan mencapai *financial close* yang merupakan faktor risiko yang berkaitan dengan badan usaha jalan tol berada di peringkat selanjutnya. Faktor-faktor risiko yang berkaitan dengan kelayakan proyek jalan tol yaitu perubahan proyeksi volume permintaan, kesalahan perhitungan tarif, kegagalan memperoleh perizinan, kenaikan biaya O&M, konektivitas jaringan jalan dan transportasi menempati peringkat selanjutnya. Faktor risiko kahar (*force majeure*) merupakan faktor risiko dengan *driving power* terendah.

Risiko lokasi termasuk dalam kuadran independen dalam MICMAC yang mengindikasikan bahwa risiko ini sangat mempengaruhi namun tidak relatif tidak dipengaruhi faktor risiko lainnya sehingga perlakuan atas risiko ini dapat efektif memitigasi risiko lainnya. Faktor risiko kesalahan desain dan keterlambatan penyelesaian konstruksi termasuk dalam kuadran ini. Meski berada

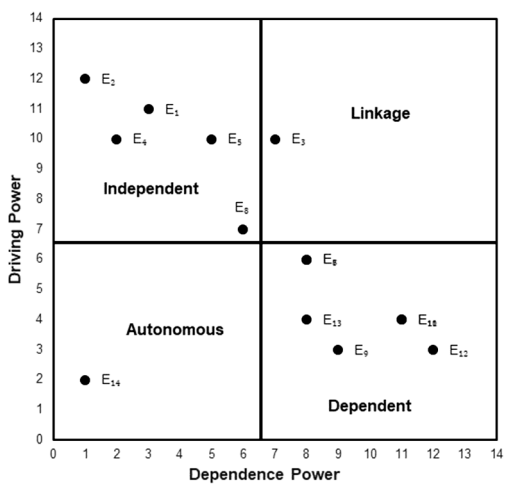
pada kuadran yang sama (*i.e.*, independen), faktor risiko tingkat inflasi dan suku bunga relatif memiliki karakteristik sebagai faktor risiko *dependent*, *linkage*, dan *autonomous* sekaligus karena diposisikan relatif mendekati perbatasan. Sementara itu, faktor risiko kenaikan biaya konstruksi adalah satu-satunya faktor risiko dalam kuadran *linkage* yang berarti sangat mempengaruhi dan dipengaruhi oleh faktor-faktor risiko lainnya. Kondisi sebaliknya terjadi untuk faktor risiko *force majeure* yang kejadiannya memang tidak mempengaruhi dan dipengaruhi oleh faktor lainnya (*autonomous*).

Karena keterbatasan ruang, pembahasan tulisan ini difokuskan pada faktor risiko kunci. Berdasarkan partisi level (**Tabel 5** dan **Gambar 2**), risiko yang berkaitan dengan lokasi menjadi salah satu risiko yang harus benar-benar mendapatkan perhatian dari pemangku kepentingan, khususnya pemerintah melalui Badan Pengatur Jalan Tol karena risiko lahan menjadi tanggung jawab pemerintah (meski pembiayaannya bisa dilakukan oleh badan usaha jalan tol terlebih dahulu). Temuan penelitian ini sekaligus mengkonfirmasi temuan-temuan penelitian sebelumnya. Debaraja et al. (2020), misal, menyatakan risiko ketersediaan lahan memiliki kategori risiko sangat tinggi pada Proyek Jalan Tol Padang–Sicincin. Santoso et al. (2012) mendapatkan dua peringkat tertinggi faktor risiko dalam investasi jalan tol adalah keterlambatan dan kenaikan biaya dalam pembebasan lahan. Meski penelitian ini memiliki rentang lebih dari sepuluh tahun dengan penelitian Santoso et al. (2012), risiko lahan masih dan tetap akan relevan.

Harga lahan yang meningkat mengakibatkan biaya investasi menjadi semakin besar dan dampaknya adalah tarif untuk pengguna jalan tol juga ikut naik (Hermawan et al., 2011). Selain itu, Wirahadikusumah et al. (2013)



Gambar 2. Relasi antar faktor risiko berdasarkan *final reachability matrix* dan partisi level



Gambar 3. *Driving-dependence matrix* faktor risiko KPBU jalan tol

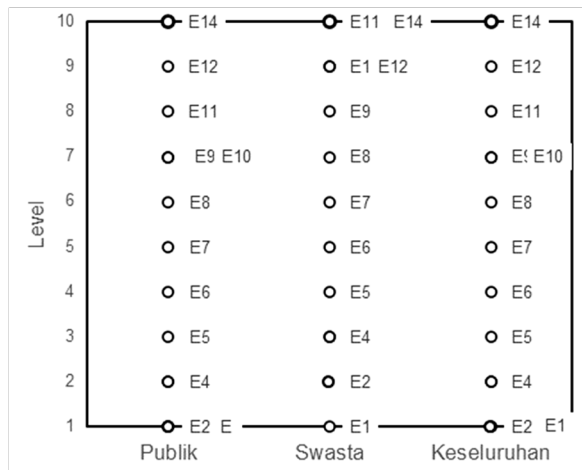
menemukan adanya pandangan masyarakat yang menggunakan kesempatan menawarkan harga lahan setinggi-tingginya karena beranggapan bahwa proyek investasi jalan tol adalah proyek swasta yang sangat menguntungkan.

Ketidakjelasan status lahan baik pengelolaan dan kepemilikan lahan menjadi salah satu isu utama dalam pembebasan lahan. Setiawan et al. (2016) menyebutkan Proyek Jalan tol Cileunyi-Sumedang-Dawuan yang melewati permukiman warga mengakibatkan pembebasan tanah menjadi terlambat. Sampai tulisan ini disusun, target beroperasinya Proyek Jalan Tol Cisumdawu pada Desember 2021 harus direvisi dengan hanya satu seksi (Cileunyi-Rancakalong) yang dapat beroperasi.

Penelitian ini juga mengeksplorasi interdependensi antarfaktor risiko menurut perspektif responden dari

Tabel 6. *Driving dan dependence power* faktor risiko menurut tipe responden

Faktor Risiko	Publik		Swasta		Keseluruhan	
	<i>Driving Power</i>	<i>Dependence Power</i>	<i>Driving Power</i>	<i>Dependence Power</i>	<i>Driving Power</i>	<i>Dependence Power</i>
E ₁	11	4	14	5	11	3
E ₂	12	1	14	7	12	1
E ₃	9	7	11	11	10	7
E ₄	10	2	12	4	10	2
E ₅	9	7	12	5	10	5
E ₆	4	10	13	9	6	8
E ₇	6	7	11	7	6	8
E ₈	7	8	8	11	7	6
E ₉	3	9	3	10	3	9
E ₁₀	5	11	6	11	4	11
E ₁₁	6	10	3	12	4	11
E ₁₂	5	10	3	11	3	12
E ₁₃	4	7	8	10	4	8
E ₁₄	3	1	3	9	2	1



Gambar 4. Hierarki faktor risiko berdasarkan tipe responden

sektor publik, swasta, dan secara keseluruhan dan mengkaji kemungkinan perbedaan temuan dari sisi *driving* dan *dependence power*, serta hierarki dari setiap faktor risiko. Sebagai catatan, responden yang dikategorikan merepresentasikan sektor publik meliputi R2,3, 4, 5, dan 6 sementara R1, 7,8,10, dan 11 merepresentasikan sektor swasta. Satu responden (R9) dikecualikan dalam analisis kluster mengingat responden yang bersangkutan bisa mewakili keduanya.

Tabel 6 menyajikan *driving* dan *dependence power* dari masing-masing faktor risiko menurut tipe responden. Secara umum, tipe responden tidak berpengaruh signifikan terhadap interdependensi. Faktor yang berkaitan dengan pembebasan lahan dan kondisi tanah memiliki pengaruh yang terbanyak terhadap faktor risiko lainnya. Sementara itu, faktor risiko yang berkaitan dengan pendapatan yaitu perubahan proyeksi volume permintaan, kesalahan perhitungan estimasi tarif, dan konektivitas jaringan jalan dan transportasi merupakan faktor risiko yang paling banyak dipengaruhi oleh faktor risiko lainnya, terlepas tipe responden.

Hasil partisi level faktor risiko ditampilkan pada Gambar 4. Kesimpulan yang sama juga didapatkan bahwa tipe responden juga tidak signifikan berpengaruh. Faktor risiko dihierarkikan dalam sepuluh level dengan level tertinggi berkaitan dengan lahan, dan level terendah berkaitan dengan risiko kahar.

5. Kesimpulan

1. Dari penelitian ini dapat ditarik simpulan bahwa faktor-faktor risiko pada proyek jalan tol menggunakan skema KPBU saling berinteraksi satu dengan lainnya meski dengan kekuatan yang berbeda-beda. Interdependensi ini memiliki implikasi terhadap penilaian risiko secara kuantitatif yang selama ini sering mengasumsikan bahwa faktor risiko saling terisolasi satu dengan lainnya. Asumsi ini berakibat pada tingginya besaran nilai risiko yang tidak semestinya. Isu ini relevan dengan analisis VfM yang saat ini juga tengah menjadi perhatian pemerintah saat memutuskan untuk menggunakan skema KPBU dalam penyediaan infrastruktur.
2. Temuan penting penelitian ini adalah faktor-faktor risiko yang berkaitan dengan lahan menjadi faktor risiko kunci sehingga perlu termitigasi dengan baik. Dalam konteks ISM, faktor risiko lahan termasuk dalam kategori independen yang artinya memiliki *driving power* (mempengaruhi faktor risiko lain) yang relatif tinggi dan *dependence power* (dipengaruhi faktor risiko lain) yang relatif rendah. Partisi level juga memperlihatkan faktor risiko lahan menjadi faktor risiko dengan level yang terendah, yang mendorong faktor-faktor risiko lainnya. Temuan ini sekaligus menegaskan temuan penelitian sebelumnya. Selanjutnya adalah faktor-faktor yang berkaitan dengan konstruksi, makroekonomi, badan usaha, kelayakan investasi, dan *force majeure*, yang menjadi satu-satunya faktor risiko yang *autonomous* (tidak mempengaruhi dan dipengaruhi faktor risiko lain).

Penelitian memperlihatkan tipe responden tidak berpengaruh signifikan terhadap temuan.

- Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan. Pertama, faktor risiko yang dieksplorasi interdependensinya masih sangat terbatas yaitu hanya 14 faktor risiko sebagai implikasi penggunaan ISM sebagai metode analisisnya yang membutuhkan input data relasi kontekstual antarfaktor risiko yang masif oleh responden penelitian. Kedua, penelitian ini tidak membahas tingkat kepentingan faktor-faktor risiko berdasarkan probabilitas dan dampaknya jika terjadi. Ketiga, penelitian ini tidak mempertimbangkan ketidakakurasian penilaian responden akibat digunakannya nilai modus sebagai agregasi. Keterbatasan penelitian ini dapat memberikan arah bagi penelitian-penelitian berikutnya, termasuk pendetailan faktor risiko yang dianalisis, pemanfaatan *fuzzy* ISM untuk mengakomodasi ketidakpresisian penilaian responden dan pendekatan statistik *e.g.*, *path analysis*, *structural equation modeling* untuk perbandingan dan validasi temuan.

Daftar Pustaka

- Aadithya, B. G., Asokan, P., & Vinodh, S. (2021). Application of interpretive structural modelling for analysis of lean adoption barriers in heavy industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 12(2), 450–475. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-07-2019-0083>
- Afzal, F., Yunfei, S., Sajid, M., & Afzal, F. (2020). Integrated priority decision index for risk assessment in chaos: cost overruns in transport projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(4), 825–849. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2019-0079>
- Astiti, N. P. M., Norken, I. N., & Purbawijaya, I. B. N. (2015). Analisis risiko pelaksanaan Pembangunan Jalan Tol Benoa – Bandara – Nusa Dua. *Jurnal Spektran*, 3(2), 84–89. <https://doi.org/10.24843/spektran.2015.v03.i02.p010>
- Chan, A. P. C., Zahoor, H., Ameyaw, E. E., Khan, M. I., & Mazher, K. M. (2018). Fuzzy integral-based risk-assessment approach for public-private partnership infrastructure projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(12), 04018111. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001573](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001573)
- Cui, C., Wang, J., Liu, Y., & Coffey, V. (2019). Relationships among value-for-money drivers of public-private partnership infrastructure projects. *Journal of Infrastructure Systems*, 25(2), 04019007. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000479](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000479)
- Debataraja, L. R., Suraji, A., & Ophiyandri, T. (2020). Analisis risiko investasi infrastruktur berbasis Fuzzy Analytical Hierarchy Process (F-AHP). *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 4(2), 121–132. <https://doi.org/10.12962/j26151847.v4i2.6886>
- Hermawan, F., Kristiani, F., & Santoso, T. D. (2011). Pengaruh pembebasan lahan terhadap risiko proyek konstruksi (Studi kasus social engineering Proyek Jalan tol Ruas Semarang Bawen). *Teknik*, 32(2), 88–94.
- Iyer, K. C., & Sagheer, M. (2010). Hierarchical structuring of PPP risks using interpretative structural modeling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(2), 151–159. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000127)
- Jena, J., Sidharth, S., Takhur, L. S., Pathak, D. K., & Pandey, V. C. (2016). Total interpretive structural modeling (TISM): Approach and application. *Journal of Advances in Management Research*, 14(2), 162–181. <https://doi.org/10.1108/JAMR-10-2016-0087>
- Ng, A., & Loosemore, M. (2007). Risk allocation in the private provision of public infrastructure. *International Journal of Project Management*, 25(1), 66–76. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.06.005>
- Novianti, T. (2011). Pemodelan risiko pendapatan proyek infrastruktur jalan tol dengan pendekatan fault tree analysis. *Teknik Dan Manajemen Industri*, 6(2), 138–149. <https://ecentrepreneur.trunojoyo.ac.id/jtmi/article/view/31>
- Nurdiana, A., & Setiabudi, B. (2018). Aplikasi manajemen risiko pada Proyek Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Bawen-Solo. *Jurnal Proyek Teknik Sipil*, 1(1), 21–28. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/potensi/article/view/3488>
- Poduval, P. S., Pramod, V. R., & Jagathy Raj, V. P. (2015). Interpretive structural modeling (ISM) and its application in analyzing factors inhibiting implementation of total productive maintenance (TPM). *International Journal of Quality and Reliability Management*, 32(3), 308–331. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-06-2013-0090>
- PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia. (2021). *Acuan alokasi risiko 2021*. PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia.
- Purnomo, A., & Dalijus, B. P. (2007). Identifikasi risiko investor dalam investasi jalan tol. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 15. <https://doi.org/10.21009/jmenara.v2i2.7880>
- Purwana, D., & Suryani, F. (2020). Pengelolaan risiko Pembangunan Jalan Tol Serpong – Cinere. *Indonesian Journal of Construction*

- Engineering and Sustainable Development*, 3(2), 80. <https://doi.org/10.25105/cesd.v3i2.6508>
- Rahmawati, N., & Tenriajeng, A. T. (2020). Analisis manajemen risiko pelaksanaan pembangunan jalan tol (Studi kasus: Proyek Pembangunan Jalan Tol Bekasi-Cawang-Kampung Melayu). *Rekayasa Sipil*, 14(1), 18–25. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2020.014.01.3>
- Rantung, B. T., Dundu, A. K. T., Tarore, H., Teknik, P., Pascasarjana, S., Sam, U., Manado, R., Belakang, L., Pembangunan, P., Tol, J., & Masalah, P. (2018). Pengelolaan risiko pada Pekerjaan Pembangunan Jalan Tol Manado – Bitung. *Jurnal Sipil Statik*, 6(5), 353–360.
- Rezaee, M. J., & Yousefi, S. (2021). Analysing causal relationships between delay factors in construction projects: A case study of Iran. *International Journal of Managing Projects in Business*, 14(2), 412–444. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-01-2019-0020>
- Rostiyanti, S., & Tamin, R. Z. (2010). Identification of challenges in public private partnership implementation for Indonesian toll toad. *Proceedings of the First Makassar International Conference on Civil Engineering, January 2016*, 1131–1136.
- Sandhyavitri, A., & Saputra, N. (2019). Analisis risiko jalan tol tahap pra konstruksi (Studi kasus Jalan Tol Pekanbaru-Dumai). *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 1–19. <https://doi.org/10.28932/jts.v9i1.1366>
- Santoso, D. S., Joewono, T. B., Wibowo, A., Sinaga, H. P. A., & Santosa, W. (2012). Public-private partnerships for tollway construction and operation: Risk assessment and allocation from the perspective of investors. *Journal of Construction in Developing Countries*, 17(2).
- Setiawan, A., Walujodjati, E., & Farida, I. (2016). Analisis manajemen risiko pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Cisumdawu (Studi kasus: Development of Cileunyi-Sumedang Dawuan Toll Road Phase I). *Jurnal Konstruksi*, 12(1), 1–11. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.12-1.282>
- Shoar, S., Yiu, T. W., Payan, S., & Parchamijalal, M. (2021). Modeling cost overrun in building construction projects using the interpretive structural modeling approach: A developing country perspective. *Engineering, Construction and Architectural Management, ahead-of-p*(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2021-0732>
- Shrestha, A., Martek, I., Aibinu, A. A., Chen, C., & Chan, T.-K. (2018). Risk allocation inefficiencies in Chinese PPP water projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(4), 04018013. [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001457](https://doi.org/https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001457)
- Sushil. (2012). Interpreting the interpretive structural model. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 13(2), 87–106. <https://doi.org/10.1007/S40171-012-0008-3>
- Tavakolan, M., & Etemadinia, H. (2017). Fuzzy weighted interpretive structural modeling: Improved method for identification of risk interactions in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(11), 04017084. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001395](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001395)
- Tjendani, H. T., Marleno, R., & Subiyantoro, I. (2020). Faktor risiko skema KPBU pada proyek infrastruktur jalan di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Ketekniksipilan Bidang Vokasional VIII*, 67–81.
- Wardhana, W., Wiguna, P. A., & Diputro, S. H. (2014). Analisa risiko untuk menentukan biaya kontijensi pada pelaksanaan konstruksi Proyek Jalan Tol Surabaya-Mojokerto Seksi IB. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXI*, 1–9.
- Warshall, S. (1962). A theorem on boolean matrices. *Journal of the ACM*, 9(1), 11–12. [https://doi.org/10.1145/321105.321107](https://doi.org/https://doi.org/10.1145/321105.321107)
- Watson, R. H. (1978). Interpretive structural modeling-A useful tool for technology assessment? *Technological Forecasting and Social Change*, 11(2), 165–185. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(78\)90028-8](https://doi.org/10.1016/0040-1625(78)90028-8)
- Wibowo, A., & Mohamed, S. (2010). Risk criticality and allocation in privatised water supply projects in Indonesia. *International Journal of Project Management*, 28(5), 504–513. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.08.003>
- Wirahadikusumah, R. D., Sipil, P. T., Teknik, F., Bandung, I. T., Ganesa, J., Bandung, N., & Susanti, B. (2013). Isu strategis pada pengadaan perusahaan jalan tol dalam kerjasama pemerintah dan swasta. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 20(3), 233–244.
- Yadav, G., & Desai, T. N. (2017). Analyzing lean six sigma enablers: A hybrid ISM-fuzzy MICMAC approach. *The TQM Journal*, 29(3), 488–511. <https://doi.org/10.1108/TQM-04-2016-0041>
- Zulfiqar, M., & Sandhyavitri, A. (2014). Analisis risiko Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru-Dumai pada tahap konstruksi (Studi kasus Jalan Tol Pekanbaru-Dumai). *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 1–13.

Lampiran: Iterasi partisi level faktor risiko

Faktor Risiko	Reachability Set	Antecedents Set	Intersection Set	Level
Iterasi ke-1				
E_1	$\{E_1, E_3, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_1\}$		
E_2	$\{E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_2\}$		
E_3	$\{E_3, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_1, E_2, E_3\}$		
E_4	$\{E_4, E_5, E_6, E_7, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_2, E_4\}$		
E_5	$\{E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5\}$		
E_6	$\{E_6, E_7, E_8, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6\}$		
E_7	$\{E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7\}$		
E_8	$\{E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_3, E_5, E_6, E_7, E_8\}$		
E_9	$\{E_9, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_7, E_8, E_9\}$		
E_{10}	$\{E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_7, E_8, E_{10}\}$		
E_{11}	$\{E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}\}$		
E_{12}	$\{E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$		
E_{13}	$\{E_{13}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_{11}, E_{12}, E_{13}\}$	$\{E_{13}\}$	10
E_{14}	$\{E_{14}\}$	$\{E_{14}\}$	$\{E_{14}\}$	10
Iterasi ke-2				
E_1	$\{E_1, E_3, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1\}$		
E_2	$\{E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_2\}$		
E_3	$\{E_3, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3\}$		
E_4	$\{E_4, E_5, E_6, E_7, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_2, E_4\}$		
E_5	$\{E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5\}$		
E_6	$\{E_6, E_7, E_8, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6\}$		
E_7	$\{E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7\}$		
E_8	$\{E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_3, E_5, E_6, E_7, E_8\}$		
E_9	$\{E_9, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_7, E_8, E_9\}$		
E_{10}	$\{E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_7, E_8, E_{10}\}$		
E_{11}	$\{E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}\}$		
E_{12}	$\{E_{12}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}, E_{12}\}$	$\{E_{12}\}$	9
Iterasi ke-3				
E_1	$\{E_1, E_3, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}\}$	$\{E_1\}$		
E_2	$\{E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_9, E_{10}, E_{11}\}$	$\{E_2\}$		
E_3	$\{E_3, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}\}$	$\{E_1, E_2, E_3\}$		
E_4	$\{E_4, E_5, E_6, E_7, E_9, E_{10}, E_{11}\}$	$\{E_2, E_4\}$		
E_5	$\{E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5\}$		
E_6	$\{E_6, E_7, E_8, E_{11}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6\}$		
E_7	$\{E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7\}$		
E_8	$\{E_8, E_9, E_{10}, E_{11}\}$	$\{E_1, E_3, E_5, E_6, E_7, E_8\}$		
E_9	$\{E_9, E_{11}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_7, E_8, E_9\}$		
E_{10}	$\{E_{10}, E_{11}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_7, E_8, E_{10}\}$		
E_{11}	$\{E_{11}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}, E_{11}\}$	$\{E_{11}\}$	8
Iterasi ke-4				
E_1	$\{E_1, E_3, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}\}$	$\{E_1\}$		
E_2	$\{E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_9, E_{10}\}$	$\{E_2\}$		
E_3	$\{E_3, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}\}$	$\{E_1, E_2, E_3\}$		
E_4	$\{E_4, E_5, E_6, E_7, E_9, E_{10}\}$	$\{E_2, E_4\}$		
E_5	$\{E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5\}$		
E_6	$\{E_6, E_7, E_8\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6\}$		
E_7	$\{E_7, E_8, E_9, E_{10}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7\}$		
E_8	$\{E_8, E_9, E_{10}\}$	$\{E_1, E_3, E_5, E_6, E_7, E_8\}$		
E_9	$\{E_9\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_7, E_8, E_9\}$	$\{E_9\}$	7
E_{10}	$\{E_{10}\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_7, E_8, E_{10}\}$	$\{E_{10}\}$	7

Faktor Risiko	Reachability Set	Antecedents Set	Intersection Set	Level
Iterasi ke-5				
E_1	$\{E_1, E_3, E_5, E_6, E_7, E_8\}$	$\{E_1\}$		
E_2	$\{E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7\}$	$\{E_2\}$		
E_3	$\{E_3, E_5, E_6, E_7, E_8\}$	$\{E_1, E_2, E_3\}$		
E_4	$\{E_4, E_5, E_6, E_7\}$	$\{E_2, E_4\}$		
E_5	$\{E_5, E_6, E_7, E_8\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5\}$		
E_6	$\{E_6, E_7, E_8\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6\}$		
E_7	$\{E_7, E_8\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7\}$		
E_8	$\{E_8\}$	$\{E_1, E_3, E_5, E_6, E_7, E_8\}$	$\{E_8\}$	6
Iterasi ke-6				
E_1	$\{E_1, E_3, E_5, E_6, E_7\}$	$\{E_1\}$		
E_2	$\{E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7\}$	$\{E_2\}$		
E_3	$\{E_3, E_5, E_6, E_7\}$	$\{E_1, E_2, E_3\}$		
E_4	$\{E_4, E_5, E_6, E_7\}$	$\{E_2, E_4\}$		
E_5	$\{E_5, E_6, E_7\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5\}$		
E_6	$\{E_6, E_7\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6\}$		
E_7	$\{E_7\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7\}$	$\{E_7\}$	5
Iterasi ke-7				
E_1	$\{E_1, E_3, E_5, E_6\}$	$\{E_1\}$		
E_2	$\{E_2, E_3, E_4, E_5, E_6\}$	$\{E_2\}$		
E_3	$\{E_3, E_5, E_6\}$	$\{E_1, E_2, E_3\}$		
E_4	$\{E_4, E_5, E_6\}$	$\{E_2, E_4\}$		
E_5	$\{E_5, E_6\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5\}$		
E_6	$\{E_6\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6\}$	$\{E_6\}$	4
Iterasi ke-8				
E_1	$\{E_1, E_3, E_5\}$	$\{E_1\}$		
E_2	$\{E_2, E_3, E_4, E_5\}$	$\{E_2\}$		
E_3	$\{E_3, E_5\}$	$\{E_1, E_2, E_3\}$		
E_4	$\{E_4, E_5\}$	$\{E_2, E_4\}$		
E_5	$\{E_5\}$	$\{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5\}$	$\{E_5\}$	3
Iterasi ke-9				
E_1	$\{E_1, E_3\}$	$\{E_1\}$		
E_2	$\{E_2, E_3, E_4\}$	$\{E_2\}$		
E_3	$\{E_3\}$	$\{E_1, E_2, E_3\}$	$\{E_3\}$	2
E_4	$\{E_4\}$	$\{E_2, E_4\}$	$\{E_4\}$	2
Iterasi ke-10				
E_1	$\{E_1\}$	$\{E_1\}$	$\{E_1\}$	1
E_2	$\{E_2\}$	$\{E_2\}$	$\{E_2\}$	1

