

ANALISIS RISIKO PENGARUH TIMBUNAN REKLAMASI TERHADAP KEBERADAAN PIPA GAS (STUDI KASUS REKLAMASI PULAU XYZ)

Kartika Hapsari Sutantiningrum^{1*}, Sri Rejeki Laku Utami², Insan Kamal³

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Rekayasa, Universitas Selamat Sri

³Program Studi Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Fakultas Teknik Transportasi dan Logistik, Institut Transportasi dan Logistik Trisakti

*Email: kartikahapsari3@gmail.com

Abstrak

Kegiatan pembangunan reklamasi dibutuhkan untuk mensiasati kekurangan lahan kosong sehingga dapat bermanfaat untuk menunjang kegiatan perekonomian. Namun dalam pelaksanaannya kegiatan reklamasi dapat berpengaruh pada lingkungan sekitarnya termasuk infrastruktur yang telah ada sebelum dibangunnya pulau reklamasi, seperti pipa gas yang melintasi daerah pulau reklamasi. Pipa gas tersebut akan menimbulkan banyak dampak apabila terjadi kerusakan akibat timbunan reklamasi, seperti pencemaran, ledakan yang menimbulkan kebakaran, dan operasional pipa terhambat yang menyebabkan gangguan pada konsumen. Maka diperlukan analisis risiko untuk mengidentifikasi kemungkinan bahaya yang dapat terjadi pada pipa beserta dampaknya dan mitigasi risiko. Penelitian ini menggunakan metode semi kuantitatif dengan mengukur nilai probabilitas dan dampak dari risiko yang teridentifikasi. Dari hasil analisis didapatkan 5 potensi bahaya yang dapat berpengaruh pada keberadaan pipa gas yaitu stabilitas lereng reklamasi, gempa, sedimentasi, erosi dan korosi. Kelima potensi bahaya tersebut bernilai *very low to low*. Dari kelima bahaya yang teridentifikasi tiga potensi tertinggi pada korosi pada pipa, sedimentasi dan pada desain periode ulang gempa dan percepatan gempa permukaan (PGA). Langkah mitigasi risiko dapat dilakukan antara lain dengan melakukan *dredging* secara periodik, perlu adanya *monitoring hazard warning, management* pengelolaan pipa yang *solid* dalam melakukan perawatan, SOP untuk *emergency respon* kebocoran pipa, memasang *gas detector* dan menentukan *assembly point*.

Kata kunci: risiko, reklamasi, pipa gas

Abstract

Reclamation development activities are needed to anticipate the lack of land so that it can be useful to support economic activities. However, in its implementation, reclamation activities can affect the surrounding environment including existing infrastructure before the construction of reclamation islands, such as gas pipes that cross the reclaimed island area. The gas pipeline will cause many impacts if there is damage due to reclamation deposits, such as pollution, explosions that cause fires, and blocked pipeline operations that cause disruption to consumers. Then a risk analysis is needed to identify possible hazards that can occur in the pipeline along with their impacts and risk mitigation. This study uses a semi-quantitative method by measuring the probability value and impact of identified risks. From the analysis results, there are 5 potential hazards that can affect the presence of gas pipes, namely slope reclamation, earthquake, sedimentation, erosion and corrosion. The five potential hazards are very low to low. Of the five hazards identified three highest potentials for pipe corrosion, sedimentation and in the design of earthquake return period and surface earthquake acceleration. Risk mitigation steps can be carried out, among others, by periodically dredging, monitoring hazard warning, solid piping management in conducting maintenance, SOP for emergency pipeline leakage response, installing gas detector and determining assembly points.

Key words: risk, reclamation, gas pipes

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Reklamasi dilakukan untuk memenuhi kebutuhan lahan terutama dikawasan perkotaan yang salah satu manfaatnya guna menunjang kegiatan perekonomian daerah perkotaan tersebut (Bintari & Talolo, 2018). Dalam pelaksanaan pembangunan reklamasi akan menimbulkan efek pada infrastruktur yang ada di sekitarnya, salah satunya keberadaan pipa gas milik PT. X yang melintasi dan bersebelahan dengan pulau reklamasi. Pipa merupakan sarana untuk mendistribusikan fluida

dalam bentuk liquid atau gas. Peranan pipa sangat penting dalam industri hulu minyak dan gas bumi. Aktifitas di atas tanah atau disekitar jalur pipa dan kondisi lingkungan pipa berpengaruh penting dalam risiko kerusakan pipa (Wibowo,2015; Devi dan Ni Luh, 2013). Risiko yang akan timbul karena adanya reklamasi dan menyebabkan kerusakan perpipaan akan memberikan kerugian yang besar, antara lain kerugian material karena kerusakan pipa, operasional terganggu bahkan dapat terhenti, terjadi pencemaran, masa pemulihan yang lama (Darmapala & Moses, 2012).

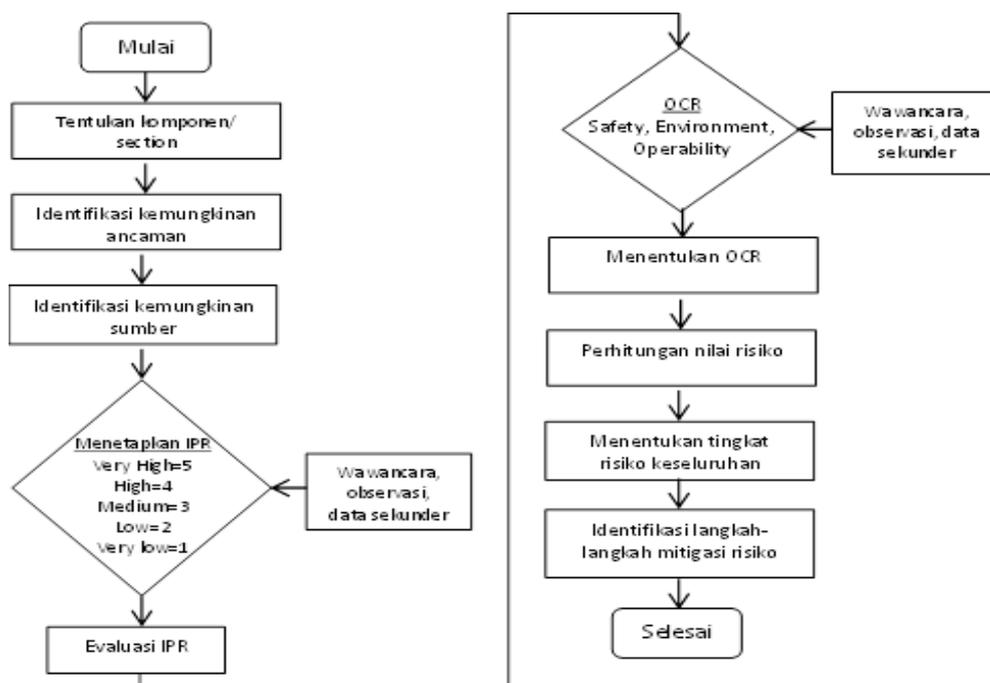
Risiko didefinisikan ketidakpastian kejadian sehingga dapat menimbulkan dampak kerugian selama periode tertentu (ISO 31000; Mills,2001;Muhammad 2007) Dalam setiap pembangunan proyek tidak terlepas dari risiko, faktor risiko harus dapat diidentifikasi sehingga dapat diminimalisasi dampaknya (Labombang, 2012), sedangkan definisi manajemen risiko adalah aktivitas yang terkoordinasi untuk mengarahkan dan mengendalikan sebuah perusahaan dalam menangani risiko. Manajemen risiko (risk management) adalah proses yang sistematis dalam merencanakan, mengidentifikasi menganalisis, menanggapi, dan memantau risiko (PMI, 2008; Cooper et al, 2005; California Transportation, 2007; Gilbert, 2007). Tujuan utama dari manajemen risiko dalam proyek pipa adalah untuk meminimalkan dampak kerugian akibat dari suatu risiko pada proyek (Prabowo & Singgih, 2009). Dari uraian diatas dan mempertimbangkan keberadaan pipa tersebut yang bersebelahan dengan pulau reklamasi, maka perlu dilakukan suatu kajian resiko (*Risk Assessment*) untuk mengidentifikasi kemungkinan bahaya yang dapat terjadi pada pipa beserta dampaknya yang dapat terjadi jika terjadi gangguan pada pipa tersebut dan mitigasi pengurangan risiko.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi semua kemungkinan risiko yang dapat terjadi pada pipa, evaluasi dampak yang dapat terjadi jika terjadi gangguan pada pipa dan mitigasi pengurangan risiko khususnya akibat adanya timbunan reklamasi Pulau XYZ.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dipakai pada penelitian ini yaitu metode semi kuantitatif, setiap risiko yang ada diidentifikasi dan dievaluasi untuk mengetahui tingkat risiko berdasarkan probabilitas dan dampaknya. Secara lengkap alur penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Proses Risk Assessment

Tingkat resiko ditentukan berdasarkan IPR (*Initiator Probability Ranking*) dan OCR (*Occurrence Consequence Ranking*), dihitung dengan rumus:

$$\text{Tingkat Resiko} = \text{IPR} \times \text{OCR} \quad (1)$$

Pada tahap awal analisis dilakukan dengan mengidentifikasi potensi bahaya yang dapat terjadi pada pipa akibat reklamasi berdasarkan aspek geoteknik, struktur pipa, teknik kelautan dan analisis lingkungan. Selanjutnya, berdasarkan masukan dari masing-masing aspek tersebut, analisis resiko dilakukan untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang mungkin dapat terjadi pada pipa, apakah masuk klasifikasi *very low*, *low*, *medium*, *high* atau *very high*. Jika potensi bahaya pada pipa tinggi (*high to very high*), maka perlu langkah-langkah mitigasi yang dilakukan sehingga tingkat resiko bahaya pada pipa dapat diminimasi. Penentuan parameter analisis dengan mereview data, laporan dan gambar teknis yang ada.

2.1. Identifikasi Potensi Bahaya

Dari potensi risiko kemudian ditentukan bobot atau nilai kemungkinan terjadi atau IPR (*Initiator Probability Ranking*). potensi *hazards* pada pipeline akibat konstruksi timbunan diidentifikasi dan *initial probability ranking* (IPR) untuk masing-masing *hazard* dinilai dengan level *very low* sampai *very high*. Nilai IPR dari masing-masing potensi risiko tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. IPR untuk bahaya stabilitas lereng terkait angka keamanan (SF)

IPR	Tingkat Bahaya	Kriteria
5	<i>Very High</i>	Angka keamanan lereng static, $SF < 1.0$
4	<i>High</i>	Angka keamanan lereng static, $1.0 \leq SF < 1.25$
3	<i>Medium</i>	Angka keamanan lereng static, $1.25 \leq SF < 1.50$
2	<i>Low</i>	Angka keamanan lereng static, $1.50 \leq SF < 2.0$
1	<i>Very Low</i>	Angka keamanan lereng static, $SF \geq 2.0$

Tabel 2. IPR untuk bahaya stabilitas lereng terkait jarak reklamasi terhadap pipa

IPR	Tingkat Bahaya	Kriteria
5	<i>Very High</i>	Jarak kaki lereng reklamasi ke pipa, $L < 30$ m
4	<i>High</i>	Jarak kaki lereng reklamasi ke pipa, $30m \leq L < 45m$
3	<i>Medium</i>	Jarak kaki lereng reklamasi ke pipa, $45m \leq L < 60m$
2	<i>Low</i>	Jarak kaki lereng reklamasi ke pipa, $60m \leq L < 75m$
1	<i>Very Low</i>	Jarak kaki lereng reklamasi ke pipa, $L > 75m$

Tabel 3. IPR untuk bahaya stabilitas lereng terkait kriteria desain gempa dan likuifaksi

IPR	Tingkat Bahaya	Kriteria
5	<i>Very High</i>	Percepatan gempa, $PGA \geq 0.05g$
4	<i>High</i>	Percepatan gempa, $0.05 \leq PGA < 0.10g$
3	<i>Medium</i>	Percepatan gempa, $0.10 \leq PGA < 0.20g$
2	<i>Low</i>	Percepatan gempa, $0.20 \leq PGA < 0.30g$
1	<i>Very Low</i>	Percepatan gempa, $PGA \geq 0.30g$

Tabel 4. IPR untuk sedimentasi

IPR	Tingkat Bahaya	Kriteria
5	<i>Very High</i>	Sedimentasi, $H \geq$ timbunan maksimum
4	<i>High</i>	Sedimentasi, $75\% \leq H < 100\%$ dari timbunan maksimum
3	<i>Medium</i>	Sedimentasi, $50\% \leq H < 75$ dari timbunan maksimum
2	<i>Low</i>	Sedimentasi, $25\% \leq H < 50\%$ dari timbunan maksimum
1	<i>Very Low</i>	Sedimentasi, $H < 25\%$ dari timbunan maksimum

Tabel 5. IPR untuk erosi

IPR	Tingkat Bahaya	Kriteria
5	<i>Very High</i>	Erosi, $H \geq 1,4$ m
4	<i>High</i>	Erosi, $0,9\text{m} \leq H < 1,4\text{m}$
3	<i>Medium</i>	Erosi, $0,4\text{m} \leq H < 0,9\text{m}$
2	<i>Low</i>	Erosi, $H < 0,4\text{m}$, ada potensi erosi akibat kondisi ekstrim
1	<i>Very Low</i>	Erosi, $H < 0,4$ m, dan tidak ada potensi erosi akibat kondisi ekstrim

Tabel 6. IPR untuk korosi pada pipa

IPR	Tingkatan Dampak	Kriteria
5	<i>Very High</i>	Korosi terjadi dari 2 sisi dengan ketebalan masing-masing 1mm dan mengasumsikan concrete cover tidak berfungsi, dengan beban Case-2 ^{**)}
4	<i>High</i>	Korosi terjadi dari 2 sisi dengan ketebalan masing-masing 1mm dan mengasumsikan concrete cover tidak berfungsi, dengan beban Case-1 ^{*)}
3	<i>Medium</i>	Korosi terjadi pada 1 sisi dengan ketebalan 1mm dan mempertimbangkan adanya concrete cover, dengan beban Case-2 ^{**)}
2	<i>Low</i>	Korosi terjadi pada 1 sisi dengan ketebalan 1mm dan mempertimbangkan adanya concrete cover, dengan beban Case-1 ^{*)}
1	<i>Very Low</i>	Tidak terjadi korosi, sehingga tebal pipa tetap (tebal awal)

Catatan:

^{*)} Case 1 = beban *internal pressure* untuk operasional (3.11 MPa) dan beban luar dari timbunan dan hidrostatik (kondisi layan).

^{**)} Case 2 = hanya beban luar dari timbunan dan hidrostatik (kondisi ekstrem dimana pipa kosong dan hanya dibebani beban luar).

Evaluasi terhadap analisis aspek diatas dilakukan berdasarkan data survey topografi dan bathimetri dari kondisi *existing* serta hasil-hasil penyelidikan tanah. Secara umum, *slope* didesain menggunakan nilai parameter shear strength yang telah diperoleh dari hasil pengujian tanah dilapangan dan pengetesan sampel tanah dilaboratorium. Analisis stabilitas lereng dibuat berdasarkan pada model yang akurat yang telah merepresentasikan kondisi bawah permukaan, perilaku tanah, dan beban yang bekerja pada lereng tersebut. Untuk melakukan analisis stabilitas lereng, harus sudah mencakup kondisi stabilitas jangka pendek (*short term*) dan jangka panjang (*long term*).

2.2. Identifikasi Dampak Kegagalan Pipa

Selanjutnya, berdasarkan masukan aspek struktur pipa, aspek lingkungan dan aspek sosialnya, implikasi atau konsekuensi dari adanya *hazards* pada *pipeline* dirumuskan dalam bentuk *occurrence probability ranking* (OCR) yang diberi nilai *very low* (1) sampai *very high* (5). Adapun OCR tersebut dirangkum dan ditampilkan kembali seperti pada Tabel 7 sampai Tabel 9.

Tabel 7. OCR pada pipa berdasarkan aspek struktur

IPR	Tingkatan Dampak	Kriteria
5	<i>Very High</i>	$\sigma > 100\% \sigma_y$, Tegangan yang terjadi melampaui tegangan leleh
4	<i>High</i>	$95\% \sigma_y \leq \sigma < 100\% \sigma_y$, Tegangan yang terjadi hampir mencapai tegangan leleh
3	<i>Medium</i>	$85\% \sigma_y \leq \sigma < 95\% \sigma_y$, Tegangan yang terjadi di antara tegangan proporsional dan tegangan leleh (<i>failure</i>)
2	<i>Low</i>	$65\% \sigma_y \leq \sigma < 85\% \sigma_y$, Tegangan terjadi di antara tegangan ijin dan tegangan proporsional
1	<i>Very Low</i>	$\sigma < 65\% \sigma_y$, Tegangan terjadi di bawah tegangan ijin

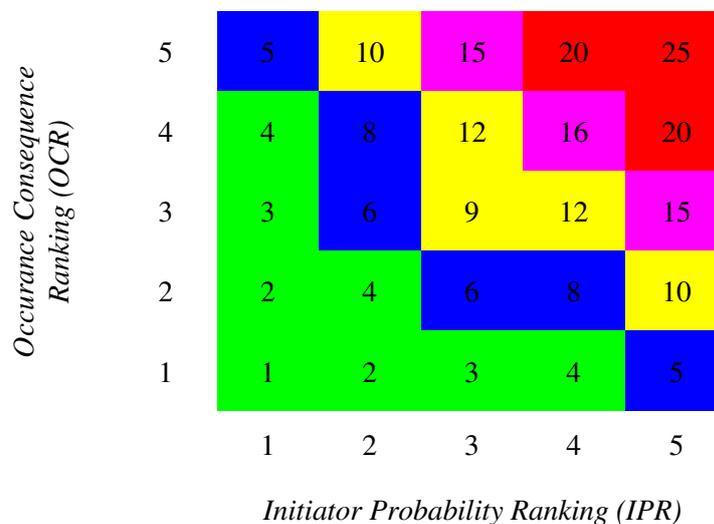
Tabel 8. OCR berdasarkan aspek lingkungan

IPR	Tingkatan Dampak	Kriteria
5	<i>Very High</i>	Potensi meledak sangat tinggi, potensi inhalasi oleh masyarakat yang terkena dampak (pusing, mual, kejang, pingsan, dapat menyebabkan kematian disebabkan oleh kurangnya oksigen), kerusakan lingkungan akuatik untuk waktu yang cukup lama
4	<i>High</i>	Potensi meledak tinggi, potensi inhalasi oleh masyarakat yang terkena dampak (pusing, mual, kejang, pingsan, dapat menyebabkan kematian disebabkan oleh kurangnya oksigen), kerusakan lingkungan akuatik
3	<i>Medium</i>	Potensi meledak sedang, potensi inhalasi oleh masyarakat yang terkena dampak (pusing, mual, sakit tenggorokan, kejang, pingsan), kerusakan lingkungan akuatik
2	<i>Low</i>	Potensi meledak kecil, konsentrasi kecil terbantu oleh dispersi oleh angin, potensi inhalasi oleh masyarakat yang terkena dampak (sakit tenggorokan, pusing, mual), potensi kerusakan lingkungan akuatik
1	<i>Very Low</i>	Aman (tidak ada dampak)

Tabel 9. OCR berdasarkan tingkat kebocoran yang dapat terjadi pada Pulau XYZ (angin dari arah Timur) berdasarkan aspek *Collateral*

IPR	Tingkatan Dampak	Kriteria
5	<i>Very High</i>	Pipa pecah/putus, berdampak terjadinya toxic release dan Flammable Cloud dengan konsentrasi LEL mencapai Pulau XYZ tetapi tidak berpotensi Blast VCE
4	<i>High</i>	Pipa bocor dengan diameter kebocoran 3 inch di 4 titik, berdampak terjadinya toxic release dan Flammable Cloud dengan konsentrasi 100% LEL gas alam tetapi tidak berpotensi Blast VCE
3	<i>Medium</i>	Pipa bocor dengan diameter kebocoran 3 inch di satu titik, berdampak terjadinya toxic release dan Flammable Cloud dengan konsentrasi 60% LEL gas alam tetapi tidak berpotensi Blast VCE
2	<i>Low</i>	Pipa bocor dengan diameter kebocoran 1 inch di satu titik, berdampak terjadinya toxic release Flammable Cloud dengan konsentrasi 10% LEL gas alam tetapi tidak berpotensi Blast VCE
1	<i>Very Low</i>	Pipa berdeformasi, tanpa keretakan/bocor, tidak ada dampak

Tingkat resiko kemudian diklasifikasikan berdasarkan matrik berikut:



Gambar 2. Matriks Risiko

Penilaian risiko di bagi menjadi tiga aspek yaitu keamanan, sosial dan lingkungan. Besarnya nilai dan warna pada matrik menunjukkan besarnya tingkat resiko, dengan uraian sebagai berikut:

Tabel 10. Penilaian Risiko

Warna & Nilai	Tingkat Risiko	Keterangan
17-25	Sangat Tinggi	Resiko tidak dapat diterima
13-16	Tinggi	Resiko masih dapat diterima, tetapi memerlukan penanganan yang seksama
9 - 12	Sedang	Resiko cukup berpengaruh, tetapi masih bisa ditangani
5 - 8	Rendah	Resiko tidak terlalu berpengaruh
1 - 4	Sangat Rendah	Resiko tidak berpengaruh

2.3. Strategi Penanganan Risiko

Penanganan risiko dianalisis berdasarkan pendapat para responden untuk mengetahui tindakan apa yang paling tepat untuk mengatasi risiko sampai pada tingkat toleransi tertentu yang dapat diterima. Keputusan dalam penanganan risiko ini akan berbeda-beda sesuai dengan karakteristik personal, apakah orang tersebut *risk taker* atau tidak.

3. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi Bahaya Pada Pipa

Dari hasil penelitian dapat teridentifikasi potensi risiko pada pipa akibat adanya reklamasi Pulau XYZ, antara lain:

1. Stabilitas lereng reklamasi, yang ditinjau pada 2 aspek, yaitu:
 - a. Desain galian (kedalaman & kemiringan galian) dan lereng reklamasi (kemiringan dan tinggi timbunan reklamasi) terkait angka keamanan (SF).
 - b. Jarak reklamasi terhadap pipa PT.X
2. Gempa, yang ditinjau pada 2 aspek, yaitu:
 - a. Desain periode ulang gempa dan percepatan gempa permukaan (PGA)
 - b. Potensi likuifaksi
3. Sedimentasi, terkait penambahan beban pada pipa yang berpotensi memicu terjadi penurunan/deformasi dan perbedaan penurunan pada pipa
4. Erosi, terkait potensi deformasi pada pipa
5. Korosi pada pipa

Setelah diketahui hasil identifikasi bahaya yang ada selanjutnya dilakukan perhitungan tingkat risiko berdasarkan input IPR dan OCR, nilai OCR di bagi tiga kategori yaitu *safety*, *social* dan *environment*. Berikut hasil perhitungan tingkat risiko:

Tabel 11. Tingkat Risiko Keberadaan Pipa Akibat Reklamasi Pulau XYZ, Sebelum Dilakukan Mitigasi

No	Hazard Identification	Probability	Consequence			OCR					Risk = IPR x OCR		
			Safety	Social	Environment	IPR	Safety	Social	Environment	Criticality	Safety	Social	Environment
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Stabilitas Lereng Reklamasi Desain lereng reklamasi (tinggi dan kemiringan lereng) dan	Lereng landai, kemiringan 1V:4H, SF>1.5 (aman)	Deformasi pada pipa, tegangan pada pipa di bawah	-	-	1	1	1	1		1	1	1

No	Hazard Identification	Probability	Consequence			OCR				Risk = IPR x OCR			
			Safety	Social	Environment	IPR	Safety	Social	Environment	Criticality	Safety	Social	Environment
	angka keamanan (SF) Jarak lereng reklamasi terhadap pipa pertamina	Jarak pipa pertamina 75 m	tegangan ijin Deformasi pada pipa ± 7mm, tegangan pada pipa di bawah tegangan ijin	-	-	2	1	1	1		2	2	2
2	Gempa Desain periode ulang gempa dan percepatan gempa permukaan (PGA) Potensi likuifaksi	Reklamasi didesain dengan beban gempa desain maksimum Reklamasi didesain dengan desain gempa maksimum, SF=1,30 terhadap likuifaksi	Jika beban gempa desain terlampaui, pipa bisa bocor dan patah Deformasi pada pipa, tegangan pada pipa di bawah tegangan ijin	Toxic release & Flammable Cloud	Toxic release & Flammable Cloud	1	5	5	5		5	5	5
				Toxic release & Flammable Cloud	Toxic release & Flammable Cloud	1	1	1	1		1	1	1
3	Sedimentasi Penambahan beban tanah pada pipa, penambahan penurunan dan perbedaan penurunan	Potensi sedimentasi sangat tinggi, ±20 mm/tahun	Tambahan beban sedimetasi dapat menyebabkan tegangan yang terjadi melampaui tegangan leleh yang bisa menimbulkan kebocoran	Toxic release	Toxic release	3	2	2	2		6	6	6
4	Erosi/Scouring Deformasi pada pipa akibat scouring	Potensi scouring relatif kecil	Deformasi pada pipa	-	-	2	1	1	1		2	2	2
5	Korosi pada pipa Penipisan pada pipa baja sehingga keandalannya berkurang	Kebocoran pada pipa akibat korosi dan beban adanya beban tambahan (gempa)	Kebocoran pada pipa	Toxic release	Toxic release	3	2	2	2		6	6	6

Dari tabel diatas didapatkan nilai resiko rata-rata bernilai 4,6 berarti risiko bernilai *very low to low*, kemungkinan-kemungkinan bahaya tidak terlalu berpengaruh terhadap kondisi pipa yang ada di dekat pulau reklamasi. Dari faktor-faktor risiko yang teridentifikasi tiga tertinggi yaitu potensi bahaya terhadap korosi pada pipa, sedimentasi dan pada desain periode ulang gempa dan percepatan gempa permukaan (PGA).

Potensi bahaya terhadap korosi pipa bernilai 6 yaitu masih dalam kriteria risiko rendah. Korosi dapat mengakibatkan pengurangan tebal pipa, laju korosi menentukan kinerja pipa, akibat dari korosi dapat terjadi kebocoran pipa karena penipisan pada dinding pipa. Maka perlu diperhatikan pembebanan pipa yang akan didapatkan dari penimbunan tanah reklamasi.

Penimbunan dilakukan berdasarkan pemeriksaan kondisi eksisting pipa, apabila pipa yang sudah ada terindikasi mengalami korosi maka beban penimbunan tidak diperkenankan terlalu berat. Selanjutnya potensi bahaya akibat sedimen yang memiliki nilai 6 yaitu masih dalam kriteria risiko rendah. Proses transport sedimen dapat berupa erosi ataupun sedimen, sedimen pada daerah pantai umumnya berupa *silt*. Arus berpengaruh tinggi terhadap transport sedimen, kecepatan arus juga dipengaruhi oleh pasang surut air, maka apabila akibat pasang surut arus air membawa sedimen yang banyak perlu tindakan preventif dari *stakeholder* terkait.

Faktor resiko yang ketiga yaitu potensi bahaya akibat gempa, reklamasi Pulau XYZ sudah didesain untuk tahan terhadap beban gempa dengan desain maksimum SF=1.3 terhadap likuifaksi, sehingga apabila gempa tidak melampaui beban desain gempa maksimum maka tidak akan terjadi likuifaksi di pulau XYZ tersebut sehingga tidak akan menimbulkan dampak pengaruh terhadap pipa, namun perlu di lakukan mitigasi risiko agar tidak mempengaruhi keberadaan pipa yang ada.

Mempertimbangkan bahwa resiko gempa, sedimentasi dan korosi pipa berada pada tingkat Low, maka perlu dilakukan langkah-langkah mitigasi untuk mengurangi tingkat resiko. Dengan dilakukan langkah-langkah mitigasi tersebut, maka tingkat resiko secara umum dapat diturunkan menjadi *Very Low*, seperti ditunjukkan pada Tabel 12. Khusus untuk beban gempa yang dapat menimbulkan pipa bocor dan patah, mitigasi hanya dapat dilakukan pada dampak sosial dan lingkungannya.

Tabel 12. Tingkat Resiko Keberadaan Pipa Akibat Reklamasi Pulau XYZ Apabila Telah Dilakukan Mitigasi

No	Hazard Identification	Probability	Mitigation Action	Consequence			IPR	OCR			Criticality	Risk = IPR x OCR		
				Safety	Social	Environment		Safety	Social	Environment		Safety	Social	Environment
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Stabilitas Lereng Reklamasi													
	Desain lereng reklamasi (tinggi dan kemiringan lereng) dan angka keamanan (SF)	Lereng landai, kemiringan 1V:4H, SF>1.5 (aman)	-	Deformasi pada pipa, tegangan pada pipa di bawah tegangan ijin	-	-	1	1	1	1		1	1	1
	Jarak lereng reklamasi terhadap pipa pertamina	Jarak pipa pertamina 75 m	-	Deformasi pada pipa ± 7mm, tegangan pada pipa di bawah tegangan ijin	-	-	2	1	1	1		2	2	2
2	Gempa													
	Desain periode ulang gempa dan percepatan gempa permukaan (PGA)	Reklamasi didesain dengan beban gempa desain maksimum	Pemasangan gas detector & assembly point	Jika beban gempa desain terlampaui, pipa bisa bocor dan patah	Toxic release & Flammable Cloud	Toxic release & Flammable Cloud	1	5	4	4		5	4	4
	Potensi likuifaksi	Reklamasi didesain dengan desain	-	Deformasi pada pipa, tegangan pada pipa	Toxic release & Flammable Cloud	Toxic release & Flammable Cloud	1	1	1	1		1	1	1

Mempertimbangkan bahwa resiko sedimentasi dan gempa pada tingkat *very low to low*, maka perlu dilakukan langkah-langkah mitigasi untuk dapat menjadikan tingkat resiko lebih dominan ke *very low*, maka direkomendasikan membuat program mitigasi atau pengurangan resiko sebagai berikut:

- a) Melakukan *dredging* secara berkala atau periodik. Jika dilakukan *dredging* secara berkala, maka tingkat resiko akibat sedimentasi dapat diturunkan menjadi *Very Low*
- b) Perlu adanya *monitoring hazard warning* terhadap kebocoran pipa, sehingga jika terjadi kebocoran bisa secepatnya ditangani.
- c) Dibutuhkan kerjasama management pipa gas dengan pengelola *pipeline* yang solid dalam melakukan perawatan terhadap pipa gas
- d) *Emergency respon* kondisi jika terjadi kebocoran gas, berupa SOP untuk evakuasi dan sebagainya agar tidak terjadi korban.
- e) Memasang *gas detector* dan menentukan *assembly point* untuk mengurangi dampak dari kebocoran pipa gas

DAFTAR PUSTAKA

- Bintari, Antik dan Talolo Muara, 2018. *Manajemen Konflik Kasus Reklamasi Pulau XYZ Pantai Utara Jakarta*. Cosmogov:Jurnal Ilmu Pemerintahan Vol 4 No.1 April 2018 ISSN 2442-5958 E-ISSN 2540-8674.
- Cooper, D. Grey, S. Raymond,G. dan Walker,P. 2005. *Project Risk Management Guidelines*. John Wiley & Sons Ltd., England.
- Creswell, John W. 2014. *Penelitian Kualitatif & Desain Riset*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Darmapala & Moses L. Singgih, 2012. *Risk Based Maintenance (RBM) Untuk Natural Gas Pipeline Pada Perusahaan X dengan Menggunakan Metode Kombinasi AHP-Index Model*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV, ISBN 978-602-97491-4-4.
- Devi, Fitria dan Ni Luh Putu H. 2013. *Analisis Risiko Pemasangan Pipa Baja Pada PT BALI GRAHA SURYA*. Jurnal Teknik Industri, Vol. 14, No. 2: 145–158.
- Gilbert, Jiil Barson. 2007. *Enterprise Risk Management: The New Imperative*. Houston: Lexicon System, LLC
- ISO 31000: 2009 *Risk Management-Principles And Guidelines*.
- Labombang, M., 2012. *Manajemen Risiko dalam Proyek Konstruksi*. Jurnal SMARTek, 9 (1), 39-46.
- Mills, A. 2001. *A System Approach to Risk Management for Construction*, *Structural Review*, 19 (5), pp. 245–456.
- Project Management Institute. 2008. *A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK) 4rd Edition*. Projent Management Intitute, Inc: Pennsylvania.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, CV.
- Wibowo, Fadlan. 2015. *Kajian Resiko Pipa Gas Transmisi PT. Pertamina Studi Kasus Simpang Km. 32-Palembang*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 3, No. 1, Maret 2015, ISSN : 2355-374X