

## ANALISIS PENILAIAN RISIKO PENGGALIAN TANAH PADA PIPA TRANSPORTASI MINYAK BAWAH LAUT PT AZ TERDAMPAK REKLAMASI KILANG PT XY

Bahrain Munir<sup>1</sup>, Zulkifli Djunaidi<sup>2</sup>, Agra Mohamad Khaliwa<sup>3</sup>, Firda Olivia Ramadani<sup>4</sup>,  
Laili Rahma Khairina<sup>5</sup>

Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia<sup>1,2,3,4,5</sup>  
bahrainmunir@gmail.com<sup>1</sup>, zul@ui.ac.id<sup>2</sup>

### ABSTRACT

*The rapidly growing oil and gas industry requires a mode of transportation that is considered efficient and effective to transport oil and gas from production wells at sea to processors on land as well as from processing units to distribution units. PT. AZ (upstream) and PT. XY (downstream) is a company engaged in the oil and gas industry operating in the waters of West Java. For facility development, PT. XY will do the reclamation. The hazards and risks faced in activities before and after reclamation is carried out will differ according to the activities that occur around the subsea pipeline so that risk mitigation will also be different. The research was conducted to analyze the risk of PT. AZ affected by the PT. XY. This research is descriptive research. This research used secondary data that is quantitative. Secondary data in the study using observation data and company documents PT. AZ & PT. XY. Data collection activities are carried out by conducting in-depth analysis. The subsea pipeline risk assessment methodology that will be used to identify risks is DNVGL-RP-F107. The results of the study explain that a soil excavation hitting a subsea pipeline can cause major damage (D3 damage) to the pipeline based on a consequence model during reclamation activities due to pipe lifting or puncture caused by a bucket excavator. Based on the risk assessment, the resulting initial risk value is 9 (medium). Suggestions that can be done are surveillance such as patrols, dredging to reduce sedimentation due to piles of soil from excavation activities.*

**Keywords** : Risk Assessment, Oil and Gas, Pipeline Risk Assessment, Soil Excavation

### ABSTRAK

Industri minyak dan gas yang berkembang pesat membutuhkan mode transportasi yang dianggap efisien dan efektif untuk mengirimkan minyak dan gas bumi dari sumur produksi dilaut ke pengolah di daratan pun dari unit pengolah ke unit-unit distribusi. PT. AZ (hulu) dan PT. XY (hilir) adalah perusahaan yang bergerak dibidang industri minyak dan gas bumi yang beroperasi di wilayah perairan Jawa Barat. Untuk pengembangan fasilitas, PT. XY akan melakukan reklamasi. Bahaya dan risiko yang dihadapi pada kegiatan sebelum dan setelah reklamasi dilakukan akan berbeda sesuai dengan aktivitas yang terjadi sekitar pipa bawah laut sehingga akan membutuhkan mitigasi risiko juga berbeda. Penelitian dilakukan untuk menganalisis risiko pipa bawah laut milik PT. AZ yang terdampak proyek reklamasi kilang PT. XY. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang bersifat kuantitatif. Data sekunder dalam penelitian menggunakan data observasi dan dokumen perusahaan PT. AZ & PT. XY. Kegiatan pengumpulan data dilaksanakan dengan melakukan telaah mendalam (*in-depth analysis*). Metodologi penilaian risiko pipa bawah laut yang akan digunakan untuk mengidentifikasi risiko yaitu DNVGL-RP-F107. Hasil penelitian menjelaskan bahwa penggalian tanah (*soil excavation*) menghantam pipa bawah laut dapat mengakibatkan kerusakan besar (kerusakan D3) pada pipa berdasarkan model konsekuensi selama aktivitas reklamasi karena pengangkatan pipa atau tusukan yang disebabkan oleh *bucket excavator*. Berdasarkan penilaian risiko, nilai *initial risk* yang dihasilkan adalah 9 (medium). Saran yang dapat dilakukan adalah pengawasan seperti patroli, dredging untuk mengurangi sedimentasi akibat tumpukan tanah dari aktivitas ekskavasi.

**Kata Kunci** : Penilaian Risiko, Minyak dan Gas, Penilaian Risiko Pipa Bawah Laut, Penggalian Tanah

### PENDAHULUAN

Industri minyak dan gas yang berkembang pesat membutuhkan mode transportasi yang

dianggap efisien dan efektif untuk mengirimkan minyak dan gas bumi dari sumur produksi dilaut ke pengolah di daratan pun dari

unit pengolah ke unit-unit distribusi. Pipa gas bawah laut menjadi pilihan utama untuk penyaluran minyak dan gas bumi (Devi et al, 2017; Popang, 2011). Kerusakan pipa bawah laut dapat mengancam keselamatan personil maupun keselamatan proses yang menimbulkan korban jiwa, kerugian finansial, dan pencemaran lingkungan. Pada tahun 2019, *Pipeline and Hazardous Material Safety Administration* (PHMSA) mengungkapkan bahwa Amerika mengalami kerugian korban jiwa sebanyak 10 orang meninggal dunia dan 80 orang cedera serius serta kehilangan pendapatan sekitar 271,7 miliar USD akibat kerusakan pipa bawah laut tiga tahun terakhir dengan jumlah rata-rata mencapai 31 insiden per tahunnya. Di Indonesia, kerusakan pipa bawah laut juga menimbulkan kerugian yang besar, salah satu insidennya terjadi di Teluk Balikpapan yang mengakibatkan lima orang meninggal dunia, ancaman kerusakan ekologi dari 40.000 barel minyak yang tumpah ke laut, dan kerugian finansial yang ditaksir mencapai 8,27 miliar USD (Primadhyta, 2018; Himawan, 2018).

PT. AZ (hulu) dan PT. XY (hilir) adalah perusahaan yang bergerak dibidang industri minyak dan gas bumi yang beroperasi di wilayah perairan Jawa Barat. Untuk pengembangan fasilitas, PT. XY akan melakukan reklamasi. Setelah dilakukan survei area, area reklamasi yang telah direncanakan tersebut ternyata berdekatan dengan jalur pipa bawah laut milik PT. AZ yang telah ada sebelumnya. Bahaya dan risiko yang dihadapi pada kegiatan sebelum dan setelah reklamasi dilakukan akan berbeda sesuai dengan aktivitas yang terjadi sekitar pipa bawah laut sehingga akan membutuhkan mitigasi risiko juga berbeda (CCPS, 2007; Bai et al, 2013). Oleh karena itu, untuk menilai risiko penggalian tanah dan mencegah terjadinya kegagalan pengoperasian pipa gas bawah laut yang ditimbulkan oleh rencana reklamasi, diperlukan studi *risk assessment* yang komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis scenario penggalian tanah pada pipa bawah laut milik PT. AZ yang terdampak proyek reklamasi kilang PT. XY.

## METODE

Penelitian dilakukan untuk menganalisis risiko pipa bawah laut milik PT. AZ yang terdampak proyek reklamasi kilang PT. XY di perairan Jawa Barat. Penilaian risiko memperhatikan aktivitas di sekitar fasilitas pipa bawah laut, khususnya kegiatan operasional pipa bawah laut dan kegiatan reklamasi. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dimana data yang digunakan merupakan data sekunder yang bersifat kuantitatif. Penelitian ini dilakukan pada tahun 2021. Data sekunder dalam penelitian menggunakan data observasi pipa, scenario kecelakaan dan dokumen perusahaan PT. AZ & PT. XY. Kegiatan pengumpulan data dilaksanakan dengan melakukan telaah mendalam (*in-depth analysis*). Data yang didapatkan ditelaah dan diidentifikasi bahaya yang kemudian akan dilanjutkan dengan metodologi penilaian risiko pipa bawah laut menggunakan DNVGL-RP-F107. Metode DNV yang ditulis dalam pedoman DNVGL-RP-F107, *Risk Assessment of Pipeline Protection* merupakan *recommended practice* yang menyediakan pendekatan risiko untuk melakukan penilaian sistem proteksi pipa bawah laut terhadap dampak benturan dengan beban eksternal seperti jangkar, kontainer, dan material material lainnya yang bisa merusak komponen pipa

## HASIL

### Gambaran Pipa Bawah Tanah PT. AZ

Pipa bawah laut dalam studi ini memiliki ukuran 12" dari GG-A Platform ke *Onshore Processing Facilities* (OPF) yang berdekatan dengan area reklamasi diilustrasikan pada **Gambar.1.** di bawah ini.



**Gambar.1.** Profil Pipa Bawah Laut Horizontal

Pipa bawah laut PT. AZ berada dalam posisi terkubur dengan kedalaman 2-meter dari area KP 24,6 ke KP 34,713. Namun dalam studi literatur ini terbatas pada area KP 32.5 – KP 34.713. Pipa bawah laut PT. AZ memiliki karakteristik, sebagai berikut:

**Tabel.1. Karakteristik Pipa Bawah Laut PT. AZ**

Parameter	Unit	Pipa Bawah Laut PT. AZ
Diameter Luar (OD)	mm (inch)	323.89 (12.75)
Ketebalan Dinding	mm (inch)	12.7 (0.5)
Bahan/Nilai	-	Baja Karbon / API5L X-52 PSL2
Jenis Manufaktur	-	HF-ERW / SMLS / SAWL
Penerimaan Korosi Faktor Penurunan	mm (inch)	3.175 (0.125)
Suhu	-	1
Weld Join Factor	-	1
Specified Minimum Yield Strength	Mpa (psi)	359 (52200)
Young Modulus	Mpa (psi)	2,07 x 10 <sup>5</sup> (3 x 10 <sup>7</sup> )

Dengan tekanan operasi sebesar 270 psig (max. 375 psig selama fase *pigging*), suhu

operasi 165<sup>o</sup>F, kepadatan (*density*) 35.806 kg/m<sup>3</sup> dan proses penyaluran pipa yang dijelaskan sebagai berikut:

**Tabel.2. Data Proses Penyaluran Pipa**

Parameter	Unit	Pipa Bawah PT. AZ
Laju Aliran	MMscfd	40
Tekanan Desain	Mpa (psig)	11.03 (1600)
Tekanan Pengoperasian	Mpa (psig)	3.309 (480)
Suhu Desain	°C (°F)	93.33 (200)
Suhu Pengoperasian	°C (°F)	76.11 (169)
Kepadatan Konten	kg/m <sup>3</sup>	35.806

Data proses penyaluran pipa baik dari parameter, tekanan desain, tekanan pengoperasian, suhu desain, suhu pengoperasian dan kepadatan konten masing-masing pipa.

**Tabel.3. Skenario Kejadian Kecelakaan Besar (Major Accident Event)**

No.	Deskripsi Event		Konsekuensi	Potensi Risiko		
	Sumber	Menyebabkan		C	L	Risiko Residual
1	Objek jatuh dari kapal galian	Jangkar jatuh dan menabrak pipa gas bawah laut PT. AZ	Pipa gas Bawah Laut PT. AZ meledak	3	3	9
2	PVD <i>installment</i> : Kapal Bantuan	Jangkar jatuh dan menabrak pipa gas bawah laut PT. AZ	Pipa gas Bawah Laut PT. AZ meledak	3	3	9
3	Penyebaran geo-tekstil dan pengisian batu pasir: Kapal Bantuan	Jangkar jatuh dan menabrak pipa gas bawah laut PT. AZ	Pipa gas Bawah Laut PT. AZ meledak	3	3	9
4	BPPT <i>installment</i> : Kapal Bantuan	Jangkar jatuh dan menabrak pipa gas bawah laut PT. AZ	Pipa gas Bawah Laut PT. AZ meledak	3	3	9
5	Posisi tongkang TSHD	Jangkar jatuh dan menabrak pipa gas bawah laut PT. AZ	Pipa gas Bawah Laut PT. AZ meledak	3	3	9
6	Perbaikan <i>Seabed / soil</i>	Penggalian tanah menghantam pipa gas bawah laut PT. AZ	Pipa gas Bawah Laut PT. AZ meledak	3	3	9

Berikut adalah penjelasan masing-masing scenario kejadian kecelakaan besar. Rata-rata dari hasil penilaian risiko menunjukkan hasil medium (warna kuning) dengan angka 9. Tabel 3 didapatkan dari hasil identifikasi

bahaya menurut dokumen perusahaan PT XY dan PT AZ yang kemudian diikuti dengan analisis risiko menggunakan panduan dari DNVGL-RP-F107.

**PEMBAHASAN**

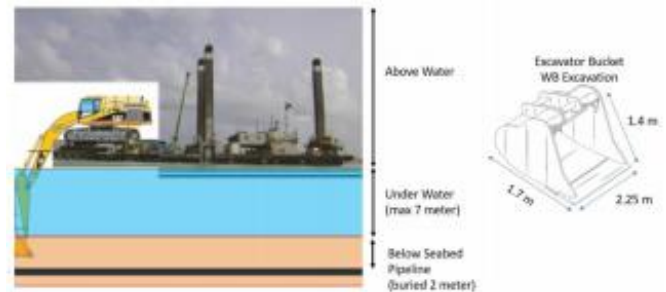
Pengerjaan reklamasi PT. XY yang berdekatan dengan lokasi pipa bawah laut PT. AZ merupakan salah satu faktor eksternal yang dapat merusak pipa bawah laut milik PT. AZ. Kegiatan dalam reklamasi yang dapat mengakibatkan pipa bawah laut rusak yaitu proses pengerukan/penggalian tanah menggunakan ekskavator (*soil excavation*). PT. AZ menganalisis risiko pipa kejatuhan dan terseret ekskavator selama proses *soil excavation* berlangsung. Risiko tersebut merupakan salah satu *Major Accident Event* yang telah diidentifikasi dalam HAZID sebelumnya. Konsep sosiologis penerimaan risiko diperkenalkan ke dalam analisis keputusan teknik untuk mengatasi "seberapa aman cukup aman" (Zhang et al, 2019). Hasil penilaian risiko menjadi acuan untuk pembuatan mitigasi dan rekomendasi yang diperlukan untuk meningkatkan tingkat risiko dan dampak dari setiap kasus, sehingga dapat dipastikan untuk semua kondisi tidak memiliki nilai yang membahayakan pipa (Ariany et al, 2020).

**Skenario Major Accident Event: Kejadian jatuh dan terseret pada pipa selama aktivitas penggalian**

**Tabel.4. Skenario Major Accident Event Berkaitan dengan Penggalian Tanah**

Scen ario No.	Event Description		Consequ ences Result	Safeg uard
	Source	Cause		
6	Seabed/ soil improv ement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• il Excavation hit PT. AZ subsea gas pipeline</li> <li>• ax. Load of excavator 20 ton</li> <li>• Ex cavator Bucket Weight 4.12 ton</li> </ul>	Pipeline rupture leading to massive gas subsea release and business interrupt ion	Assist tug boat; <i>Silt barric ade</i> ; Navig ation Chart

Penilaian tingkat risiko dari aktivitas penggalian yang menghantam pipa bawah laut dengan asumsi beban penggalian adalah 20 ton dan berat bucket adalah 4,2 ton, yang mungkin menyebabkan pipa pecah.



**Gambar.2. Gambaran Penggalian Tanah**

Hasil tingkat risiko dari jatuhnya *bucket* penggalian ke pipa bawah laut dikategorikan risiko residual sebagai risiko sedang berdasarkan gambar di bawah ini. Frekuensi pecahnya pipa adalah 1,25E-06 (*residual risk*). Meskipun hasil *initial risk* dalam level medium, untuk mencapai level ALARP pada *residual risk* dilakukan penambahan pengendalian saat ekskavasi yaitu pengawasan oleh *tugboat*, pemasangan *silt barricade*, dan penggunaan *navigation chart*. Nilai risiko pada *initial risk* mengalami penurunan nilai dalam *residual risk* karena pengendalian-pengendalian tersebut dapat mengurangi tingkat probabilitas (CCPS, 2007). Akan tetapi, konsekuensi yang ada dalam *residual risk* berupa kerusakan pipa sama dengan konsekuensi dalam *initial risk* (tidak berkurang). Kajian risiko definisi kegiatan sistem transportasi perpipaan menyajikan estimasi risiko individual dan total risiko infrastruktur berdasarkan karakteristik infrastruktur (Cekirge, 2015). Dari sini kita dapat melihat bahwa penyajian estimasi risiko dikalkulasikan dari melihat *residual risk* setelah dilakukan pengendalian (DNGL, 2017).

Dalam sebuah penelitian ditemukan bahwa kebocoran pipa penyalur gas milik Kinder Morgan di kawasan Lee County-Illinois, Amerika Serikat disebabkan oleh garukan traktor dari aktivitas penggalian sumur yang dilakukan di sekitar jalur pipa.



Kejadian ini memberikan dampak major yang mengakibatkan 2 korban jiwa dan korban luka-luka dengan kerugian lebih dari USD 800,000 (Ausick, 2017). Melalui penilaian risiko jalur pipa, berbagai faktor berbahaya yang mempengaruhi jalur pipa dan poin-poin utama pengelolaan jalur pipa dapat diidentifikasi, sehingga memudahkan pengendalian dan pencegahan risiko serta menjamin pengoperasian jalur pipa yang aman (Dong et al, 2014).

kerusakan pipa dapat terjadi (Kusumaningtyas, et al 2017).

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian terkait analisa risiko pipa transportasi minyak mentah bawah laut PT. AZ yang terdampak reklamasi kilang PT. XY, maka dapat diambil kesimpulan penggalian tanah (*soil excavation*) menghantam pipa bawah laut dapat mengakibatkan kerusakan besar (kerusakan D3) pada pipa berdasarkan model konsekuensi selama aktivitas reklamasi karena pengangkatan pipa atau tusukan yang disebabkan oleh *bucket excavator*. Berdasarkan penilaian risiko, nilai *initial risk* yang dihasilkan adalah 9 (medium). Untuk menurunkan level menjadi ALARP, dilakukan penambahan pengendalian berupa *tugboat*, *silt barricade*, dan *navigation chart* sehingga nilai *residual risk* yang dihasilkan adalah 6 (medium). Pengendalian tersebut hanya dapat menurunkan tingkat probabilitas, tetapi konsekuensinya tetap mengakibatkan kerusakan besar (kerusakan D3) pada pipa.

PT AZ dan PT XY harus memastikan desain galian–kedalaman dan kemiringan galian tanah diperhitungkan dengan cermat dan tidak melampaui nilai *Safety Factor* (SF). Selain itu, pengecekan secara berkala terkait posisi pipa dan ketebalan tanah di atasnya karena reklamasi dapat menambah volume tanah di atas pipa yang berpotensi mengubah posisi pipa atau merusak pipa itu sendiri.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak perusahaan dan tim peneliti yang memberikan kemudahan dalam mengambil data dan waktunya untuk berdiskusi mengenai analisis penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

Ariany, Zulfaidah & Santoso, Budhi, Suharto, (2020). Risk Assessment of Subsea Pipeline of Natural Gas in The Cross Area: Case Study in West Java Waters. IOP Conference Series:

**Tabel.5. Hasil Matriks Risiko dari Skenario MAE 6**

Severity	Consequences				Increasing Likelihood				
					1	2	3	4	5
					Rare	Unlikely	Moderate	Likely	Almost
					Annual Frequencies				
					< 10 <sup>-7</sup> /yr	10 <sup>-6</sup> to 10 <sup>-5</sup> /yr	10 <sup>-4</sup> to < 10 <sup>-3</sup> /yr	10 <sup>-2</sup> to < 10 <sup>-1</sup> /yr	> 1/yr
People	Environment	Asset	Reputation	Never heard in O&G industry	Ever heard once occurred in O&G industry	Has occurred in several smaller Refinery Plants or more once a year in O&G industry	Has occurred once or twice during facility life cycle in PT. XY Refinery	Has occurred once or more in the last year in PT. XY Refinery	
P	E	A	R						
5	Major fatality	Major/Very serious effect on CO2 light > 100 MM	Major Damage to major cost > 100.1 million	International & National wide impact	PLx 0	PLx 1	PLx 2	PLx 3	PLx 4
4	High fatality	Major/serious effect on CO2 light > 100 MM	Major Damage to major cost > 100.1 million	Regional impact	PLx 0	Residual Risk PLx 1	PLx 2	PLx 3	PLx 4
3	Major effect to health or injury	Major effect on CO2 light > 100 MM	Major Damage to major cost > 100.1 million	Local/ly impact	PLx 0	PLx 1	Initial Risk PLx 2	PLx 3	PLx 4
2	Minor effect to health or injury	Minor effect on CO2 light > 100 MM	Major Damage to major cost > 100.1 million	Minimal impact	PLx 0	PLx 0	PLx 1	PLx 2	PLx 3
1	Small effect to health or injury	Small effect on CO2 light > 100 MM	Major Damage to major cost > 100.1 million	No reputation impact	PLx 0	PLx 0	PLx 0	PLx 0	PLx 1

Penelitian yang lebih khusus membahas tentang reklamasi menyebutkan bahwa pipa bawah laut dapat bocor bergantung dengan desain galian (kedalaman & kemiringan galian). Angka keamanan atau *safety factor* (SF) harus diperhitungkan dengan cermat supaya kegiatan *soil excavation* tidak membahayakan jalur pipa di dekatnya. Selain dari garukan alat berat, pipa bawah laut juga dapat mengalami kerusakan akibat *soil excavation* melalui proses sedimentasi (Bai Y, 2017). Timbunan atau longsoran tanah yang sampai ke atas jalur pipa bawah laut dapat terakumulasi menjadi sedimen dan berpotensi menambah tekanan sehingga terjadi deformasi atau penurunan pada pipa (Sutantiningrum, Utami & Kamal, 2019) dan kejadian yang berbeda seperti

Earth and Environmental Science. 557. 012030. 10.1088/1755-1315/557/1/012030.

Bai, Y. Q., LV, L.H. & Wang, T. 2013. *The Application of the Semi Quantitative Risk Assessment Method Urban Natural Gas Pipelines*. Journal of Engineering Science and Technology Review, pp.74-77.

CCPS. 2007. *Guidelines for Risk Based Process Safety*. New York.

Cekirge, Huseyin. (2015). Quantitative Risk Assessment for Crude Oil Pipelines. International Journal of Environmental Monitoring and Analysis. 3. 147. 10.11648/j.ijema.20150303.16.

Devi, F. P., Usada, I. G. N. R., Wibowo, I. L., Mukhlash, I. 2017. Penilaian Risiko Pipa Bawah Laut Oleh Faktor Kapal Menggunakan Pendekatan *Bayesian Network*. Jurnal Math & Its Appl, 2579-8936, Vol. 14, No. 1, 61-71

DNVGL. 2017. DNVGL-RP-F107: Risk Assessment of Pipeline Protection.

Dong, Hang & Wei, Lixin & Wang, Qiannan. (2014). A Study on Oil Pipeline Risk Assessment Technique Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process. The Open Petroleum Engineering Journal. 7. 125-129. 10.2174/1874834101407010125.

Himawan, A. 2018. Kerugian Tumpahan Minyak di Teluk Balikpapan 8,27 Miliar Dolar AS. Available at: <https://www.suara.com/bisnis/2018/04/13/095318/kerugian-tumpahan-minyak-di-teluk-balikpapan-827-miliar-dolar-as>.

Popang, O. 2011. Penilaian Resiko *Unburied Subsea Pipeline Terhadap Trawl Gear Dengan Kondisi Hooking*. [Skripsi] Surabaya: ITS

Popov, G., Lyon, B. k., & Hollcroft, B. (2016). Risk Assessment: A Practical Guide to Assessing Operational Risks. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Primadhyta, S. 2018. Pertamina Taksir Tumpahan Minyak Balikpapan 40 ribu Barel'. Available at: <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20180410192413-85-289806/pertamina-taksir-tumpahan-minyak-balikpapan-40-ribu-barel>

PT. XY. 2020. Dok. Laporan QRA: Kajian Risk Assessment Pipa Bawah Laut PT. AZ yang Terdampak Rencana Reklamasi Kilang di Perairan Jawa Barat

PT. AZ. Nd. Penilaian Risiko Pipa. Dok No. GG-Z-SDY-0217

Sutantiningrum, K.H., Utami, S. R. L. and Kamal, I. 2019. Analisis Risiko Pengaruh Timbunan Reklamasi terhadap Keberadaan Pipa Gas (Studi Kasus Reklamasi Pulau XYZ). *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 4(1), pp. 53–63. Available at: <http://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/jkts/article/view/1430>  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.04.004>

Zhang, Peng & Qin, Guojin, Wang, Yihuan. (2019). Risk Assessment System for Oil and Gas Pipelines Laid in One Ditch Based on Quantitative Risk Analysis. *Energies*. 12. 981. 10.3390/en12060981.