

ANALISIS PENILAIAN RISIKO PADA FLOWLINE JALUR PIPA GAS DARI WELLHEAD MENUJU CENTRAL PROCESSING PLANT

(Studi Kasus : Industri Pengolahan Gas Alam)

Doni Rahmawan^{1*}, Adi Wirawan Husodo², dan George Endri Kusuma³

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya 60111

^{2,3}Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya 60111

*E-mail: rhmwndoni@gmail.com

Abstrak

Penggunaan pipa sebagai sistem penyaluran atau distribusi pada industri minyak dan gas bumi memiliki potensi bahaya berupa senyawa mudah menyala, senyawa beracun, dan tekanan tinggi yang dapat mengakibatkan kebakaran dan ledakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat risiko dan memberikan rekomendasi tindakan mitigasi dalam pengoperasian pipa penyalur. Penelitian menggunakan metode semi kuantitatif model W. Kent Muhlbauer karena mencakup semua faktor kemungkinan bahaya dan dampak konsekuensi untuk menghitung skor risiko relatif, *Event Tree Analysis* untuk melakukan analisa frekuensi dan konsekuensi yang mungkin terjadi, pemodelan konsekuensi menggunakan *software* ALOHA (*Areal Location of Hazardous Atmospheres*) untuk mengetahui *threat zone*, dan kurva F-N untuk merepresentasikan tingkat *societal risk*. Dari 14 segmentasi jalur pipa yang mengalirkan gas alam terdapat 7 segmen berada pada kategori high risk dengan skor risiko relatif terendah 96 dan 7 segmen lainnya berada pada kategori *acceptable* dengan skor risiko relatif tertinggi 207. Frekuensi kegagalan pipa untuk tiap segmen sepanjang 500 meter didapatkan 1,535E-04/tahun, konsekuensi yang dihasilkan berupa *jet fire* dengan frekuensi 1,535E-06/tahun dan *flash fire* dengan frekuensi 4,103E-06/tahun. Dari nilai frekuensi dan pemodelan konsekuensi diperoleh tingkat *societal risk* jalur pipa berada dalam kategori *tolerable if ALARP* pada representatif kurva F-N. Maka rekomendasi tindakan mitigasi yang diberikan antara lain yaitu memperbaiki kualitas ROW, melakukan pemasangan proteksi katodik, dan berlatih evakuasi keadaan darurat.

Keywords : ETA, gas alam, kurva F-N, pipa penyalur, risiko relatif, *risk scoring index*

1. PENDAHULUAN

Saat ini penggunaan gas alam telah banyak digunakan untuk kebutuhan industri, rumah tangga maupun sebagai sumber daya pembangkit tenaga listrik. Namun dalam penggunaan jalur pipa ini juga memiliki potensi bahaya berupa volume yang besar dari senyawa mudah menyala maupun senyawa beracun, juga mengandung tekanan tinggi yang dapat mengakibatkan kebakaran dan ledakan. Fasilitas *Central Processing Plant* yang dibangun dalam industri pengolahan gas alam merupakan satu *plant* yang digunakan mengolah gas alam dari beberapa sumur gas dan memiliki produk samping berupa kondensat. Dari kejadian-kejadian kegagalan pengoperasian pipa serta mengenai keuntungan dan kerugian dalam penggunaan pipa penyalur minyak dan gas, maka penilaian risiko harus dilakukan untuk mengetahui tingkat bahaya, dan tindakan rekomendasi mitigasi yang sesuai untuk pencegahan dari segala kerugian yang disebabkan.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai penilaian risiko pada *flowline* (pipa aliran gas) menggunakan metode *Risk Scoring Index* dengan pendekatan teori W.Kent Muhlbauer. Metode ini digunakan untuk mengukur

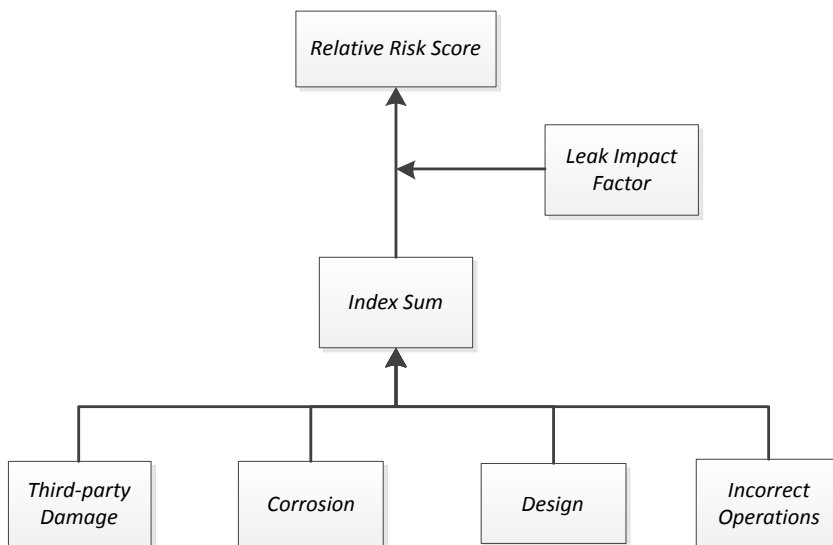
relative risk jalur pipa dengan pengukuran secara semi kuantitatif pada elemen-elemen seperti komponen kerusakan pihak ketiga, komponen korosi, komponen desain pipa, komponen ketidaktepatan operasional, serta karakteristik produk berbahaya dan faktor penyebarannya. Setelah dilakukan pengukuran dengan elemen-elemen tersebut dihasilkan nilai *relative risk score* untuk mendapatkan tingkat kriteria risiko pada pengoperasian pipa. Metode ini dipilih karena banyak dan sering digunakan dengan beberapa alasan seperti, memberikan jawaban yang cepat untuk tingkatan risiko di tiap segmen pipa, tidak mahal karena menggunakan data yang ada, komprehensif, dapat digunakan sebagai pendukung pengambilan keputusan, dan dapat memperkirakan peluang untuk melakukan mitigasi risiko. Karena pipa aliran maupun distribusi sangat erat kaitannya dengan masyarakat dan lingkungan, maka dalam penelitian ini akan diperhitungkan frekuensi dan konsekuensi terhadap masyarakat menggunakan metode *societal risk assessment* dengan representatif kurva F-N. Yang mana kurva F-N merupakan penggambaran dari pertemuan frekuensi (F) dari berbagai skenario kecelakaan terhadap jumlah (N) dari korban yang berhubungan dengan kejadian atau skenario yang dimodelkan.

Dari latar belakang tersebut penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkatan *Relative Risk Score* pada *flowline* CPP menggunakan metode *Scoring Index* dengan pendekatan teori W. Kent Muhlbauer, mengetahui frekuensi dan konsekuensi dari potensi bahaya yang mungkin terjadi pada *flowline* CPP, mengetahui tingkatan penilaian risiko sosial pada *flowline* CPP dengan menggunakan representatif kurva F-N, dan memberikan rekomendasi tindakan mitigasi yang sesuai dengan hasil analisa.

2. METODOLOGI

2.1 Model Analisa Risiko Pipa W. Kent Muhlbauer

Teori W. Kent Muhlbauer merupakan implementasi penilaian risiko dengan metode semi kuantitatif yang terdiri dari kemungkinan bahaya/faktor risiko (*Index Sum*) dan konsekuensi (*Leak Impact Factor*). *Index sum* dapat diperoleh dengan menjumlahkan *third party damage index*, *corrosion index*, *design* dan *incorrect operational index*. Dengan sistem nilai ini, semakin tinggi nilai berarti *pipeline* tersebut semakin aman. Gambar 1 berikut ini menunjukkan *framework* untuk melakukan penilaian pipa penyalur dengan menggunakan pendekatan *relative risk score*.



Gambar 1. Model Analisa Risiko Pipa W. Kent Muhlbauer
(Sumber : Muhlbauer, 2004)

Pendekatan *relative risk rating* menggunakan nilai risiko relatif (*relative risk score*) untuk menentukan tingkat risiko. Nilai diberikan kepada kondisi dan aktivitas yang ada pada sistem pipa penyalur yang memberikan kontribusi terhadap terjadinya risiko pada *pipeline*. Penilaian risiko relatif (*relative risk rating*) berdasarkan W.Kent Muhlbauer dapat dihitung dengan menggunakan formula berikut ini.

$$Relative Risk Score = \frac{Index Sum}{Leak Impact Factor}$$

2.2 ETA (Event Tree Analysis)

Event Tree Analysis (ETA) merupakan teknik analisis untuk mendefinikasi dan mengevaluasi serangkaian kejadian yang potensial untuk menjadi penyebab terjadinya kecelakaan. ETA menghadirkan pohon terstruktur yang ditampilkan secara visual dan logik. Tujuan dari ETA adalah untuk menentukan apakah suatu kondisi (*initial event*) akan mampu menyebabkan terjadinya kecelakaan atau apakah suatu kondisi cukup terkontrol dalam sistem keselamatan kerja dan prosedur-prosedur telah terimplementasi dalam desain sistem. Model ETA akan mampu memperlihatkan apakah sebuah sistem yang didesain adalah desain yang aman, tidak aman atau degradasi.

2.3 Failure Data of Frequency

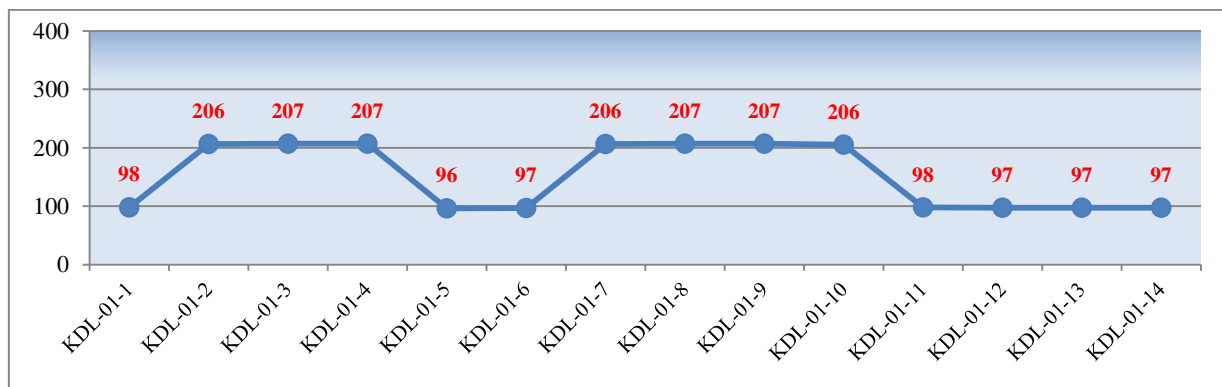
Penentuan frekuensi kegagalan berdasarkan dari data-data kegagalan yang telah dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Data laporan insiden seperti EGIG (*European Gas Pipeline Incident Data Group*) sangat cocok digunakan untuk penilaian risiko pada penelitian ini karena berkaitan dengan kategori-kategori penyebab kegagalan pada pipa gas.

2.4 Representatif Kurva F-N

Risiko sosial dapat diwakili oleh kurva F-N, yang mana adalah plot frekuensi kumulatif (F) berbagai skenario kecelakaan terhadap (N) jumlah korban terkait dengan insiden yang dimodelkan. Plot kumulatif dalam arti bahwa, untuk masing-masing frekuensi, N adalah jumlah korban yang dapat setara atau melebihi. Sering korban didefinisikan dalam penilaian risiko sebagai luka-luka yang fatal, di mana kasus N adalah jumlah orang yang bisa terbunuh oleh insiden.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghitung skor risiko relatif yang didapat dari 14 segmentasi jalur pipa dan untuk mengetahui segmen mana yang mempunyai tingkatan risiko paling tinggi yang dapat menimbulkan potensi bahaya. Gambar 2 merupakan gambaran profil tingkat risiko yang didapat sesuai *relative risk score* pada 14 segmentasi jalur pipa gas KDL-01.



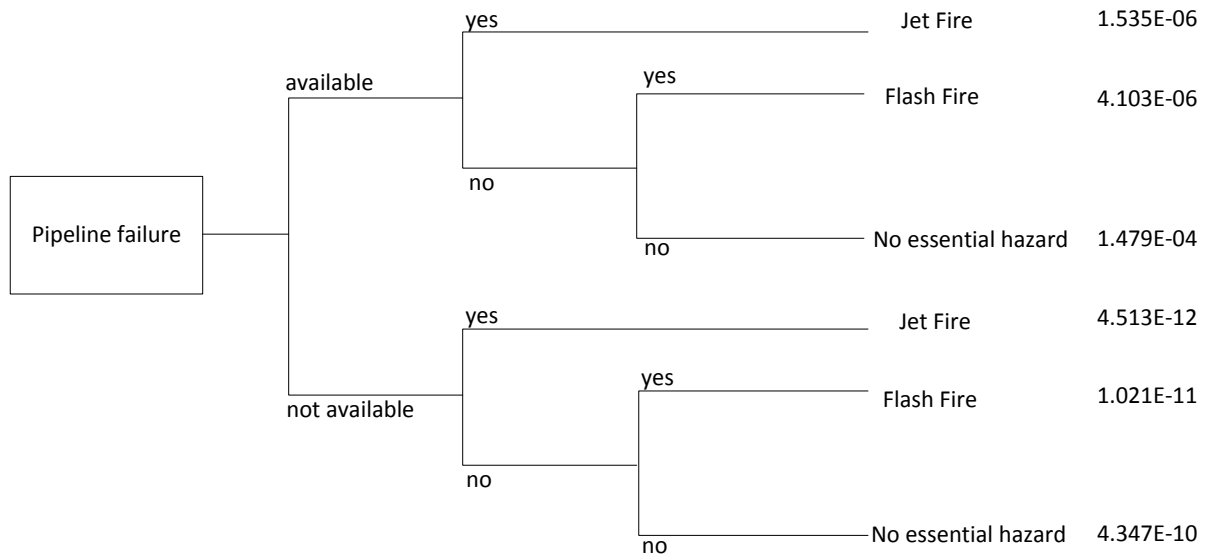
Gambar 2. Gambaran tingkat skor risiko relatif pada tiap segmen

Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa skor risiko relatif pada jalur pipa gas KDL-01 terdistribusi dalam kategori *High-risk (Intorelable)* dan *Medium (Acceptable)* berdasarkan AS/NZS 4360:. Terdapat 7 segmen yang berada pada kategori *High-risk (Intorelable)* yang perlu dilakukan mitigasi untuk meningkatkan skor risiko relatif yaitu segmen 1,5,6,11,12,13, dan 14. Sedangkan 7 segmen lainnya yang berada pada kategori *Medium (Acceptable)* atau dapat diterima yaitu segmen 2,3,4,7,8,9, dan 10. Adapun faktor yang sangat mempengaruhi hasil skor risiko relatif yang rendah pada segmen 1,5,6,11,12,13, dan 14 yaitu tingkat aktifitas di atas jalur pipa dengan kategori *semi rural*.

ETA (*Event tree Analysis*) pada penelitian ini digunakan untuk mengidentifikasi konsekuensi-konsekuensi yang mungkin terjadi pada jalur pipa gas KDL-01. *Initiating Event* ditentukan yaitu kegagalan pada pipa dan frekuensi dari *initiating event* menggunakan *total failure rate* dari EGIG maka nilai frekuensi yang digunakan adalah 0,307/1000km.tahun. Sedangkan pada penelitian ini frekuensi kegagalan dianalisa pada tiap segmentasi pipa sepanjang 500 meter, maka *initiating event frequency* didapatkan 1,535E-04/tahun. Analisis ETA dan nilai

probabilitas dari tiap *pivotal event* pada penelitian ini mengacu pada Gerboni (2008), sedangkan konsekuensi yang dihasilkan mengacu pada Rusin (2014) seperti yang terlihat pada Gambar 3 berikut.

Initiating event (event/year)	No automatic intervention (valves)	Immediate ignition	Delayed ignition	Consequences	End event frequency (event/year)
1.535E-04	2.94E-06	0.01	0.027		



Gambar 3. Analisis ETA dengan kejadian awal *pipeline failure*

Pada penelitian ini konsekuensi kegagalan yang ditentukan dari ETA akan di simulasikan menggunakan *software ALOHA* untuk mendapatkan zona ancaman (*threat zone*). Setelah dilakukan input data kedalam *software ALOHA*, maka hasil yang akan ditampilkan dalam jendela *threat zone* dari *jet fire* dan *flash fire* adalah jarak sebaran *threat zone* yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut. Dari hasil simulasi tersebut kemudian diplotkan pada titik yang ditentukan yaitu pada segmen 11 jalur pipa gas KDL-01 karena berada di daerah aktifitas tinggi seperti pemukiman dan *crossing* jalan raya.

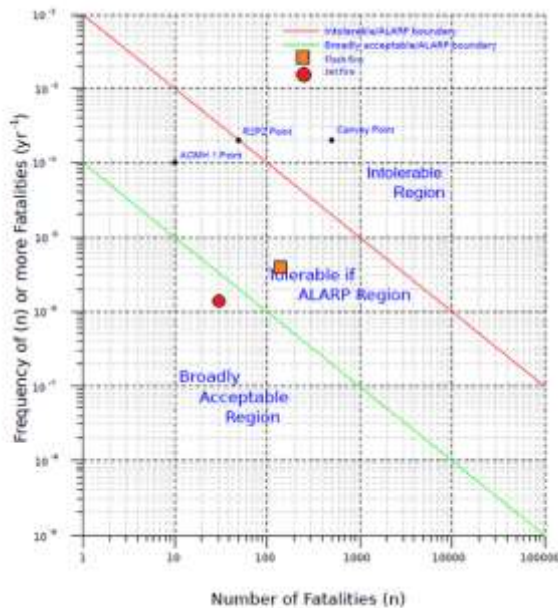
Tabel 1. Hasil jarak proyeksi *threat zone* pada simulasi *software ALOHA*

Threat Modeled	Jet Fire		Flash Fire	
	Level Of Concern	Radius	Level Of Concern	Radius
Red	10 kW/(sq m) Potentially lethal within 60 s	29 m	30000 ppm (60% LEL = flame pockets)	146 m
Orange	5 kW/(sq m) 2nd degree burns within 60 s	41 m	None	None
Yellow	2 kW/(sq m) Pain within 60 s	63 m	5000 ppm (10% LEL)	357 m

(Sumber : *Software ALOHA*, 2017)

Adapun pada *threat zone area* dari *jet fire* terdapat ±10 unit bangunan dalam radius 63 meter dari titik simulasi kebocoran pipa. Sedangkan pada *threat zone area* dari *flash fire* terdapat ±50 unit bangunan dalam radius 357 meter dari titik simulasi kebocoran pipa. Maka dapat ditentukan nilai N untuk konsekuensi *jet fire* yaitu sebanyak 30 orang dan *flash fire* sebanyak 150 orang. Dengan memetakan nilai F dan nilai N yang diperoleh dari simulasi konsekuensi kegagalan pada jalur pipa gas KDL-01 akan didapat tingkatan risiko sosial dengan kriteria UK HSE.

Berikut hasil pemetaan representatif kurva F-N dari konsekuensi kegagalan jalur pipa gas KDL-01 pada Gambar 4.



Gambar 4. Representatif kurva F-N pada jalur pipa gas KDL-01

Dari hasil representatif kurva F-N di atas, dapat diketahui bahwa dari konsekuensi *jet fire* jalur pipa gas KDL-01 berada pada area *acceptable*, sedangkan untuk konsekuensi *flash fire* berada pada area *tolerable if ALARP* (dapat diterima dengan ALARP). Dimana secara umum pada jalur pipa gas yang mengalami kebocoran dan menimbulkan konsekuensi *jet fire* dan *flash fire* masih berada pada level yang aman.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu dari 14 segmentasi jalur pipa yang mengalirkan gas alam terdapat 7 segmen berada pada kategori high risk dengan skor risiko relatif terendah 96 dan 7 segmen lainnya berada pada kategori *acceptable* dengan skor risiko relatif tertinggi 207. Frekuensi kegagalan pipa untuk tiap segmen sepanjang 500 meter didapatkan 1,535E-04/tahun, konsekuensi yang dihasilkan berupa *jet fire* dengan frekuensi 1,535E-06/tahun dan *flash fire* dengan frekuensi 4,103E-06/tahun. Dari nilai frekuensi dan pemodelan konsekuensi diperoleh tingkat *societal risk* jalur pipa berada dalam kategori *tolerable if ALARP* pada representatif kurva F-N. Maka rekomendasi tindakan mitigasi yang diberikan antara lain yaitu memperbaiki kualitas ROW, melakukan pemasangan proteksi katodik, dan berlatih evakuasi keadaan darurat.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. EGIG, 2013. *9th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970 – 2013)*, (February 2015).
2. Gerboni, R., & Salvador, E., 2009. Hydrogen transportation systems: Elements of risk analysis. *Energy*, 34(12), 2223–2229.
3. Gharabagh, M. J., Asilian, H., Mortasavi, S. B., Mogaddam, A. Z., Hajizadeh, E., & Khavanin, A., 2009. Comprehensive risk assessment and management of petrochemical feed and product transportation pipelines. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(4), 533–539.
4. Muhlbauer, W. K., 2004. *Pipeline Risk Management Manual*. 3rd ed. Burlington: Gulf Professional Publishing.
5. Rusin, A., & Stolecka, K., 2015. Reducing the risk level for pipelines transporting carbon dioxide and hydrogen by means of optimal safety valves spacing. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 33, 77–87.
6. Simatupang, S., Sulistijono, & Karokaro, M. (2010). Studi Analisis Resiko Pada Pipeline Oil Dan Gas Dengan Metode Risk Assessment Kent Muhlbauer Dan Risk Based Inspection API Rekomendasi 581, 3(1), 1–10. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
7. UK HSE. (2009). Societal Risk: Initial briefing to Societal Risk, Technical Advisory Group.
8. Yuwono, H. (2012). Kajian Risiko Jalur Pipa Gas PT X Dari Plant D Sampai S Di Sumatera Selatan. Universitas Indonesia, Depok.