

ANALISIS POTENSI BAHAYA KEBOCORAN BIOGAS PADA *BIOGAS PLANT* INDUSTRI BIOETANOL

Priyadi Hadi Sulaksono¹⁾, Agung Nugroho²⁾, dan Novi Eka Mayangsari³⁾

¹Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik
Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111

^{2,3}Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Kampus
ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111

E-mail: priyadi.hadi.s@gmail.com

Abstract

Installation of biogas production in the bioethanol industry is included the category of major hazard installation. Methane gas and hydrogen sulfide are gases contained in biogas produced in anaerobic processes that have high hazard potential because of their flammable and toxic nature. Based on this, the researchers used the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method to identify potential leakage hazards of CH₄ and H₂S gases. Then the author used Event Tree Analysis (ETA) to determine the leakage consequence scenario. The impact of CH₄ and H₂S gas leakage will be calculated quantitatively then risk assessment is carried out based on the risk matrix. Then given recommendations based on the results of the risk assessment. Based on the identification of the hazard, there are 8 potential gas leakage components. As well as from ETA, obtained 4 consequences that occur after the gas leak known as jet fire, flash fire, vapor cloud explosion (VCE), and toxic releases are known to be consequences of jet fire being of moderate risk, flash fire has a moderate risk, VCE has a medium risk, and toxic gas dispersion has low and medium risk. The recommendations are the preparation of emergency preparedness and response procedures.

Keywords: *Event Tree Analysis, Failure Mode and Effect Analysis, Flash Fire, Jet Fire., Toxic Release, Vapour Cloud Explosion.*

Abstrak

Instalasi produksi biogas pada industri bioetanol termasuk dalam kategori major hazard installation. Gas metana (CH₄) dan hidrogen sulfida (H₂S) merupakan gas yang terdapat dalam biogas yang dihasilkan dalam proses anaerobik yang memiliki potensi bahaya tinggi karena sifatnya yang *flammable* dan *toxic*. Berdasarkan hal tersebut peneliti menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi potensi bahaya kebocoran dari gas CH₄ dan H₂S. Kemudian penulis menggunakan *Event Tree Analysis* (ETA) untuk menentukan skenario konsekuensi kebocoran. Dampak dari kebocoran gas CH₄ dan H₂S akan dihitung secara kuantitatif kemudian dilakukan penilaian risiko berdasarkan risk matriks. Kemudian diberikan rekomendasi berdasarkan hasil penilaian risiko. Berdasarkan identifikasi bahaya yang dilakukan ditemukan 8 komponen yang berpotensi terjadi kebocoran gas. Serta dari ETA, diperoleh 4 konsekuensi yang terjadi setelah kebocoran gas yaitu *jet fire*, *flash fire*, *vapour cloud explosion* (VCE), dan *toxic release* diketahui konsekuensi *jet fire* memiliki risiko sedang, *flash fire* memiliki risiko sedang, VCE memiliki risiko sedang, dan *toxic gas dispersion* memiliki risiko rendah dan sedang. Sehingga, rekomendasi dari analisis potensi bahaya tersebut adalah penyusunan prosedur kesiagaan dan tanggap darurat.

Kata Kunci: *Event Tree Analysis, Failure Mode and Effect Analysis, Flash Fire, Jet Fire., Toxic Release, Vapour Cloud Explosion.*

PENDAHULUAN

Pada Industri penghasil bioethanol, limbah cair yang dihasilkan tidak dapat langsung dibuang ke lingkungan karena mengandung nilai Biological Oxygen Demand (BOD) yang tinggi berkisar 52,1 s.d. 72.3 kg/m³. Oleh karena itu, diperlukan unit pengolah limbah hasil produksi bioetanol yang mengurangi kadar BOD dari limbah tersebut. Pada limbah cair biodegradable, untuk mengurangi volume dan nilai *biological oxygen demand* (BOD) pada limbah cair tersebut, dilakukan proses pengelolaan kembali dengan fermentasi bakteri yang menghasilkan biogas. Beberapa gas yang terkandung dalam biogas adalah gas metana dan hidrogen sulfida (Papacz, 2011). Biogas hasil pengelolaan limbah cair industri bioetanol mengandung gas metana (51,65 s.d. 79,26% v/v) dan gas hidrogen sulfida (1,1 s.d. 2,3 % v/v) (Industri Bioetanol, 2017). Instalasi *wastewater treatment plant* pada industri bioetanol termasuk dalam kategori *major hazard installation* (Nedved, 1991). Biogas memiliki potensi bahaya dan berisiko tinggi jika terlepas ke lingkungan dikarenakan sifat gas yang *flammable*, *toxic*, dan *corrosive*. Berdasarkan (Moreno et al., 2015) telah terjadi 169 kecelakaan pada Biogas Plant yang 39% nya adalah pelepasan biogas, 38% kebakaran, dan 19% ledakan di beberapa negara di dunia dalam kurun 1995 hingga 2014. Berdasarkan hal tersebut peneliti menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi potensi bahaya kebocoran dari gas CH₄ dan H₂S. Kemudian penulis menggunakan *Event Tree Analysis* (ETA) untuk menentukan skenario konsekuensi kebocoran. Dampak dari kebocoran gas CH₄ dan H₂S akan dihitung secara kuantitatif kemudian dilakukan penilaian risiko berdasarkan risk matriks. Kemudian diberikan rekomendasi berdasarkan hasil penilaian risiko.

METODE PENELITIAN

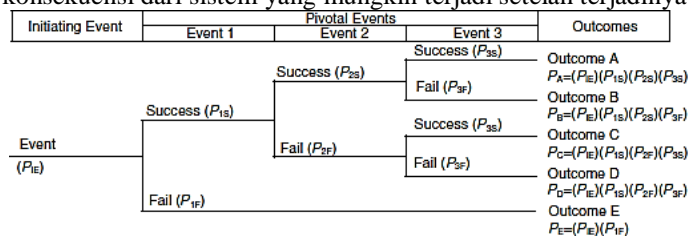
Dikakukan identifikasi bahaya menggunakan FMEA (CCPS, 2008) untuk menentukan komponen yang memiliki potensi untuk mengalami kebocoran gas.

Tabel 1
Failure Mode and Effect Analysis

Item	Identification	Description	Failure Mode	Effect	Safeguards	Action
------	----------------	-------------	--------------	--------	------------	--------

Sumber: CCPS, 2008

Event tree analysis (ETA) merupakan sebuah teknik yang sangat baik untuk digunakan dalam mengidentifikasi serta mengevaluasi alur konsekuensi dari sistem yang mungkin terjadi setelah terjadinya *initiating event*.



Gambar 1. Diagram ETA

Sumber: Clifton, 2005

Langkah selanjutnya, dilakukan pemodelan kebocoran gas untuk mengetahui nilai Qm (laju aliran gas). Kemudian dilakukan pemodelan konsekuensi *jet fire*, *VCE*, *flash fire*, dan *toxic release*. Tindakan mitigasi merupakan tindakan yang dilakukan untuk mengurangi tingkatan risiko yang terjadi. Untuk mengurangi tingkatan risiko tersebut yaitu dengan mengurangi frekuensi pelepasan gas yang terjadi serta upaya perlindungan untuk mengurangi tingkatan konsekuensi atau dampak akibat dari kebocoran gas yang terjadi terhadap pekerja. Tindakan Mitigasi untuk pelepasan gas berdasarkan Crowl & Louvar (2002). Berikut tindakan mitigasi yang peneliti usulkan berdasarkan Crowl & Louvar (2002).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis potensi bahaya, ditemukan 8 komponen yang dapat berpotensi terjadi kebocoran gas yaitu Pipa N36, Butterfly Valve B4, Pipa N10, Pipa N12, Butterfly Valve B3, Bearing N8B, Manhole MH3, dan Manhole MH4. Mekanisme kegagalan item dapat disebabkan oleh material yang terkorosi karena gas H₂S yang korosif atau material mengalami fracture. Sedangkan untuk skenario berdasarkan ETA yang dilakukan, ditemukan 4 skenario *jet fire*, *VCE*, *flash fire*, dan *toxic release*. Berdasarkan hasil perhitungan pemodelan dengan nilai terbesar serta analisis risiko telah dihasilkan data sebagai berikut seperti Tabel 2 dan 3.

Tabel 2
Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan	Nilai
Qm	44,3028 kg/s
Konsekuensi <i>jet fire</i>	30,1407 m
Konsekuensi <i>VCE</i>	11,9847 m
Konsekuensi <i>flash fire</i>	20,3998 m
Konsekuensi <i>toxic release</i>	ERPG-3 100 m

Sumber : Penulis, Tahun 2018

Tabel 3
Hasil Penilaian Risiko

Hasil perhitungan	Risiko
Konsekuensi <i>jet fire</i>	sedang
Konsekuensi <i>VCE</i>	sedang
Konsekuensi <i>flash fire</i>	sedang
Konsekuensi <i>toxic release</i>	sedang

Sumber : Penulis , Tahun 2018

Berdasarkan analisis risiko tersebut direkomendasikan penyusunan prosedur kesiagaan dan tanggap darurat dikarenakan untuk *engineering design* dari Biogas Plant telah memenuhi kriteria NFPA 10.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil identifikasi bahaya menggunakan FMEA yang dilakukan pada Biogas Plant WWTP, potensi bahaya yang memiliki konsekuensi kebocoran biogas yaitu pada 8 komponen. Kemudian diketahui skenario setelah terjadinya kebocoran menggunakan Event Tree Analysis (ETA) yaitu terjadinya *jet fire*, *flash fire*, *vapor cloud explosion* (VCE), dan *toxic gas dispersion*. Hasil dari perhitungan konsekuensi dari *jet fire* memiliki jarak horizontal 100% *fatality* terjauh 30,1407 m, *flash fire* memiliki jarak horizontal 100% *fatality* sejauh 20,3998 m, *vapor cloud explosion* (VCE) 11,9847 m, dan *toxic gas dispersion* memiliki jarak ERPG-3 sejauh 100 m. Penilaian risiko konsekuensi *jet fire* memiliki risiko sedang, *flash fire* memiliki risiko sedang, *vapor cloud explosion* (VCE) memiliki risiko sedang, dan *toxic gas dispersion* memiliki risiko rendah dan sedang. Rekomendasi yang diberikan penulis adalah pada manajemen terutama dalam pembuatan prosedur kesiagaan dan tanggap darurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adar, E., İnce, M., Karatop, B., & Bilgili, M. S. (2017). The risk analysis by failure mode and effect analysis (FMEA) and fuzzy-FMEA of supercritical water gasification system used in the sewage sludge treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(1), 1261–1268.
- AMPC. (2016). Appendix 2 : Hazard and Risk Assessment - Biogas Systems (pp. 1–52). Sydney NSW: AMPC.
- Anshori, A. S. (2016). *Analisa Resiko Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Perpipaan Gas Hidrogen di HRU (Hydrogen Recovery Unit) Ammonia Plant dengan Metode QRA (Quantitative Risk Analysis)*. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Botempo, G., Maciejczyk, M., Wagner, L., Findeisen, C., Fischer, M., & Hofmann, F. (2016). *Biogas Safety First*. (Fachverband Biogas e. V., Ed.). Freising: Fachverband Biogas e. V.
- Carson, P., & Mumford, C. (2002). *Hazardous Chemicals Handbook Second edition*. Oxford Woburn: Butterworth-Heinemann.
- CCPS. (2000). *Guideline for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* (2nd ed.). New York: AIChE. Retrieved from <http://doi.wiley.com/10.1002/9780470935422.ch1>
- CCPS. (2008). *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*. (J. Wiley & Sons, Eds.) (3rd ed.). New York.
- Clifton, A. E. I. (2005). *Hazard Analysis Techniques for System Safety*. New Jersey: John. Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397023-7.00016-4>
- Crowl, D. A., & Louvar, J. F. (2002). *Chemical Process Safety : Fundamentals with Applications*. Prentice Hall PTR (2nd ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Environmental Protection Department. (2011). *Development of Organic Waste Treatment Facilities, Phase 2 Environmental Impact Assessment Report*. Hong Kong: EPD.
- Harsono. (2013). *Aplikasi Biogas Sistem Jaringan Dari Kotoran Sapi Di Desa Bumijaya Kec, Anak Tuha Lampung Tengah Sebagai Energi Alternatif Yang Efektif*. Lampung: Teknik Mesin Universitas Lampung. <https://doi.org/10.2307/257670>.Poerwanto.
- Industri Bioetanol. (2017). *Properti dan Komposisi Biogas Industri Bioetanol di Jawa Timur*.

- Kotek, L., Trávní, P., & Blecha, P. (2015). Accident Analysis of European Biogas Stations, *43*, 1–6.
- Moreno, V. C., Papisidero, S., Scarponi, G. E., Guglielmi, D., & Cozzani, V. (2015). Analysis of accidents in biogas production and upgrading. *Renewable Energy*, 1–8.
- Nedved, M. (1991). *Dasar-dasar keselamatan kerja bidang kimia dan pengendalian bahaya besar (Soemanto Imamkhasani, Penerjemah)*. Jakarta: International Labour Organization (ILO).
- OGP. (2010). *Vulnerability of Humans*. England: International Association of Oil and Gas Procedurs.
- OSHA. (2005). *OSHA Fact Sheet Hydrogen Sulfide (H2S)*. U.S Department of Labor.
- Papacz, W. (2011). Biogas as Vehicle Fuel. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, 18(1).
- R.A., P., L.P., W., M.G., H., & G.S., F. (1987). Operation and Performance of Biogas-Fueled Cogeneration Systems. In *Energy in Agriculture* (pp. 295–310).
- Skjong, R., & Wentworth, B. H. (2001). Expert Judgment And Risk Perception, (December).
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2011). Common Safety Practices for On-Farm Anaerobic Digestion Systems, 1–21. Retrieved from http://www.epa.gov/outreach/agstar/documents/safety_practices.pdf