

## IDENTIFIKASI BAHAYA MENGGUNAKAN ETBA DAN PENENTUAN PROBABILITAS DENGAN FTA PADA UNIT AMMONIA

Delvi Kusuma Fibia Rindika<sup>1</sup>, Galih Anindita<sup>2</sup>, Novi Eka Mayangsari<sup>3</sup>

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

<sup>2,3</sup>Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*email: [fdelvikusuma@gmail.com](mailto:fdelvikusuma@gmail.com)

### Abstract

*This research identifies some hazards using Energy Trace and Barrier Analysis (ETBA) and determines the probabilities using Fault Tree Analysis (FTA) in Ammonia Unit in the First Process at the First Factory of the Fertilizer Company. The first study is doing some observations and identifications with the existing problems. Some datas of accident on 2016 and 2017 in the Fertilizer Company have identified energy source, they are: chemical, corrosive, electrical, flammable, pressure, kinetic, acoustial radiation, noise/vibrartion, rotational kinetic energy, and thermal. The result of hazard identification and risk assessment using ETBA is 78 energy source with 24 of them are the highest risk of energy source that passed in feed gas compressor and air compressor, where there are 11 risk that are high risk and 13 risk that are medium. A probability failure scenario which use FTA shows there are 4 FTA, they are: a burned compressor, a burned equipment, a hearing disturbance of human, and cracking. A probability failure scenario which use FTA can be known based on the result of calculation of all the FTA's probability. The probability of a burned feed gas compressor and air compressor is 0.0004198 times/year. The decision of recommendation to minimize the risk in Ammonia Unit in the First Process at the First Factory of the Fertilizer Company, to be done by the preventive action that refers to hierarchy of control*

**Keywords:** Ammonia Unit, ETBA, FTA, Probability, Risk.

### Abstrak

Penelitian ini mengidentifikasi bahaya menggunakan *Energy Trace and Barrier Analysis* (ETBA) dan menentukan probabilitas dengan *Fault Tree Analysis* (FTA) pada Unit Ammonia Proses I Pabrik I Perusahaan Pupuk. Studi awal yang dilakukan adalah dengan observasi dan identifikasi masalah yang ada. Beberapa data *accident* pada tahun 2016 dan 2017 di Perusahaan Pupuk mengidentifikasi adanya sumber energi yang berbahaya yaitu: *chemical, corrosive, electrical, flammables, pressure, kinetic, acoustial radiation, noise/vibrartion, rotational kinetic energy*, dan *thermal*. Hasil identifikasi bahaya dan penilaian risiko dengan menggunakan ETBA adalah sebanyak 78 sumber energi dengan risiko paling banyak yaitu terdapat 24 risiko yang ditimbulkan akibat sumber energi yang melewati *feed gas compressor* dan *air compressor*, di mana diperoleh 11 risiko yang tergolong tinggi dan 13 risiko yang tergolong sedang. Penentuan probabilitas skenario kegagalan dengan menggunakan FTA pada Unit Ammonia Proses I Pabrik I Perusahaan Pupuk adalah sebanyak 4 buah FTA yaitu: kompresor terbakar, alat terbakar, gangguan pendengaran pada manusia, dan *cracking*. Skenario probabilitas kegagalan dengan menggunakan FTA dapat diketahui berdasarkan hasil perhitungan probabilitas keseluruhan konstruksi FTA . Kemungkinan *feed gas compressor* dan *air compressor* terbakar dapat terjadi sebanyak 0.0004198 kali/tahun. Penentuan rekomendasi untuk mengurangi risiko pada Unit Ammonia Proses I Pabrik I Perusahaan Pupuk dilakukan dengan cara tindakan preventif yang mengacu pada Hirarki pengendalian.

**Kata Kunci:** Unit Ammonia, ETBA, FTA, Probabilitas, Risiko.

## PENDAHULUAN

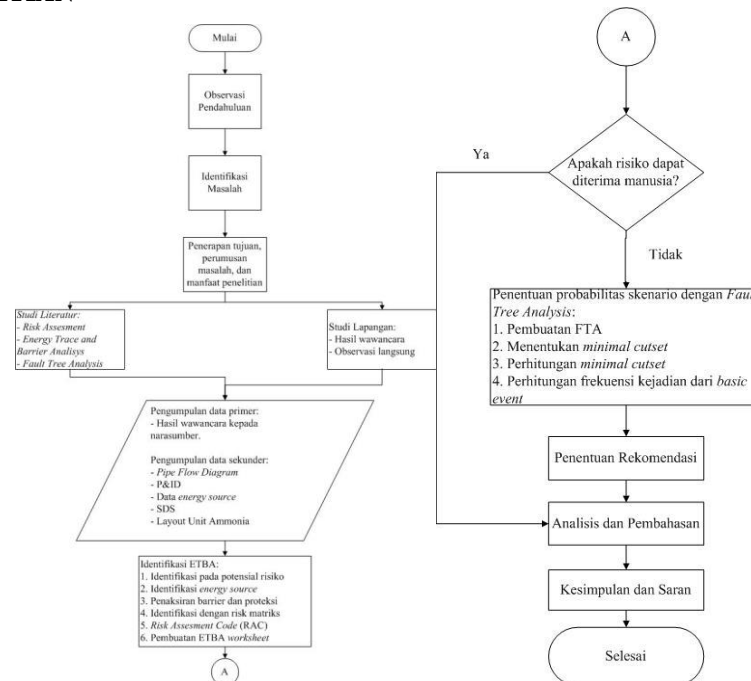
Salah satu unit yang memiliki risiko tinggi pada Perusahaan Pupuk adalah unit Amoniak pada Pabrik I. Beberapa data *accident* pada tahun 2016 dan 2017 di Perusahaan Pupuk mengidentifikasi adanya sumber energi yang berbahaya yaitu: *chemical, corrosive, electrical, flammables, pressure, kinetic, acoustial radiation, noise/vibrartion, rotational kinetic energy, dan thermal*. Apabila proses pertama amoniak terhambat, maka akan mengakibatkan terhambatnya proses kedua dan ketiga. Teknik ETBA adalah sebuah teknik yang telah digunakan oleh banyak penelitian belakangan ini.

Metode ETBA adalah sebuah proses identifikasi potensi bahaya yang berimbas pada semua sumber energi potensi bahaya. Dengan mengevaluasi kontrol pengukuran, teknik ini menyediakan sebuah alat untuk menilai aliran energi yang tidak diinginkan kepada target (manusia, peralatan, dan atau lingkungan), (Jafari, 2015). Pada Jurnal mengenai perbandingan penggunaan metode ETBA dan HAZOP pada sebuah unit di Tehran oleh Mohammad Fam, Mahmoudi, dan Kianfar menyatakan bahwa penggunaan ETBA dinilai lebih efektif daripada HAZOP. Hasil studi mereka menyatakan bahwa penggunaan waktu dan uang akan memakan tiga kali lebih baik ETBA daripada HAZOP.

Oleh karena itu, perlu dilakukan hazard identifikasi and evaluasi berdasarkan metode ETBA. Ketika dilakukan evaluasi menggunakan worksheet ETBA dan didapatkan bahwa level risikonya adalah high risk, maka dilanjutkan dengan melakukan metode risk assessment lebih lanjut. Hal ini disebabkan karena output dari ETBA berupa data kualitatif. Selain itu, beberapa potensi bahaya yang teridentifikasi menggunakan ETBA akan memerlukan analisa lebih detail dengan menggunakan metode lain untuk memastikan bahwa semua faktor potensi bahaya teridentifikasi dan termitigasi.

Metode yang akan digunakan adalah Fault Tree Analysis (FTA) dengan tingkat risiko yang paling parah. Selanjutnya menentukan cut set untuk mengidentifikasi penyebab dasar dari risiko puncak. Untuk mendapatkan data yang kuantitatif, dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai frekuensi kejadian dari basic event. Dengan demikian akan didapat probabilitas kegagalan pada suatu sistem atau peralatan untuk dievaluasi.

## METODE PENELITIAN



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Sumber: Hasil analisis, 2018

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen yang akan dibahas adalah peralatan utama dan pendukung pada Unit Ammonia Proses I dan tidak termasuk aliran atau pipa-pipanya, yang meliputi: *Desulfurizer, Primary Reformer, Secondary Reformer, HTS (High Temperature Shift), LTS (Low Temperatur Shift), Feed Gas Compressor, Radian Burner, Air Compressor, Waste Heat Boiler, dan Steam Superheater*. Penilaian risiko dilakukan dengan menggunakan risk matriks Perusahaan Pupuk berdasarkan hasil wawancara dan data kebakaran tahun 2016 dan 2017. Hasil

identifikasi sebanyak 78 sumber energi dengan risiko paling banyak yaitu terdapat 23 risiko yang ditimbulkan akibat sumber energi yang melewati *feed gas compressor* dan *air compressor*, di mana diperoleh 11 risiko yang tergolong tinggi dan 13 risiko yang tergolong sedang. Total sumber energi dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan ETBA *worksheet feed gas compressor* dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1  
 Total Sumber energi

No	Sumber Energi	Total Sumber energi
1	<i>Chemical-acute and chronic source</i>	1
2	<i>Corrosive</i>	7
3	<i>Electrical</i>	16
4	<i>Flammables</i>	12
5	<i>Pressure</i>	10
6	<i>Thermal</i>	10
7	<i>Acoustial radiation</i>	10
8	<i>Noise/vibration</i>	10
9	<i>Rotational kinetic energy</i>	2
<b>Total</b>		<b>78</b>

Sumber: Hasil analisis, 2018

Tabel 2  
 ETBA *Worksheet*

NO	ENERGY AMOUNT &TYPE	RISK DESCRIPTION	BARRIERS (CONTROL)	POTENTIAL TARGETS	IST RAC	RECOMMENDED ACTIONS
1.	<i>Heat (Thermal radiation)</i>	Panas akan keluar proses hingga ke lingkungan. Tekanan tinggi menyebabkan kebakaran (maksimum 184°C)	APD ( <i>Wearpack, Safety Shoes, Safety Helmet, Earmuff, Mask</i> )  Isolasi pada valve, isolasi pada turbin, temperatur indikator kontrol	Manusia	5.3 = T	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggantian material yang sesuai</li> <li>• Penggantian <i>enclosure</i> mengelilingi pipe yang panas agar terhindar dari operator tidak sengaja menyentuh</li> <li>• Penggantian isolasi secara berkala</li> <li>• Penambahan <i>safety sign</i> atau LOTO</li> <li>• Monitoring pada temperatur outlet pipe setiap saat oleh operator</li> <li>• Maintenance peralatan secara periodik</li> </ul>
				Air	5.3 = T	
				Lingkungan	5.3 = T	
2.	<i>Overpressure Rupture (pressure)</i>	Bila suhu dan tekanan berlebih akan mengakibatkan	APD ( <i>Wearpack, Safety Shoes, Safety Helmet, Earmuff, Mask</i> )	Manusia	1.5 = S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring pada temperatur outlet pipe setiap saat oleh operator</li> <li>• Penggunaan <i>enclosure</i></li> </ul>

ledakan (39 kg/cm <sup>2</sup> )	Pressure Indicator Control (PIC)	Alat	1.5 = S	mengelilingi pipa yang panas agar terhindar dari operator yang tidak sengaja menyentuh • Penambahan safety sign atau LOTO
----------------------------------	----------------------------------	------	---------	--

(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

Berdasarkan sumber energi yang memiliki nilai risiko tinggi, didapatkan 4 pemodelan FTA, yaitu: *compressor* terbakar, alat terbakar, gangguan pendengaran pada manusia, dan *cracking*. Hasil analisis menggunakan FTA menghasilkan *basic cause* dan juga menghasilkan beberapa *basic event* yang kemudian dilakukan penentuan minimal cut set. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

..... menentukan reliabilitas

$$R(t) = e^{-\mu t}$$

1

Di mana:

- R (t) = Reliabilitas
- $\mu$  = constant failure rate
- T = nilai tak hingga (untuk asumsi nilai failure rate konstan)

..... menentukan probabilitas kegagalan

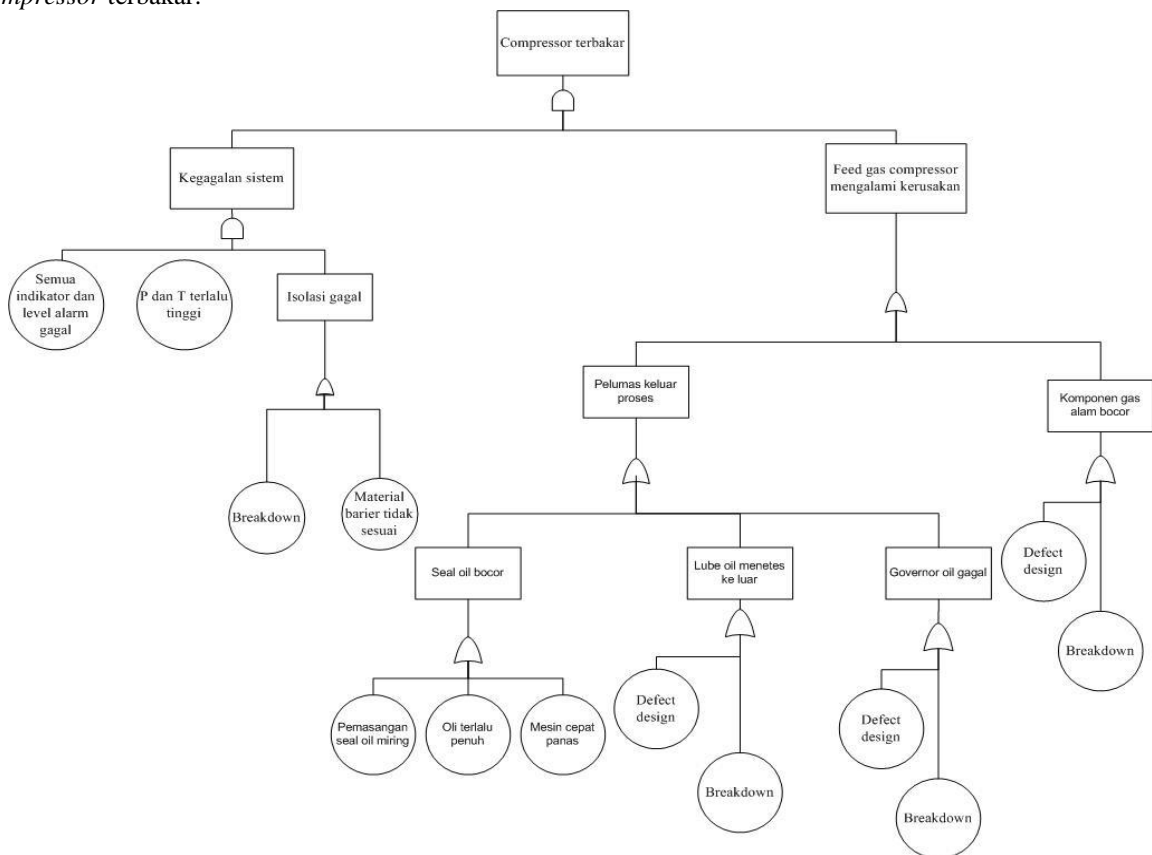
$$P(t) = 1 - R(t) \dots\dots\dots 2$$

Di mana:

- P = Probabilitas kegagalan
- R (t) = Reliabilitas

Sumber: Crowl, 2002.

Perusahaan Pupuk tidak memiliki data kegagalan sehingga untuk penentuan failure rate digunakan referensi dan asumsi. Berikut ini merupakan salah satu hasil FTA beserta hasil perhitungan probabilitas kegagalan pada *compressor* terbakar.



Gambar 2 Diagram FTA 1

Sumber: Hasil analisis, 2018

Berikut ini akan dijelaskan mencari minimal cut set dengan metode aljabar Boolean menggunakan pendekatan dari atas ke bawah sehingga didapatkan persamaan Boolean sebagai berikut:

$$T = P1P2P3P5 + P1P2P3P6 + P1P2P3P7 + P1P2P3P8 + P1P2P3 + P1P2P4P5 + P1P2P4P6 + P1P2P4P7 + P1P2P4P8 + P1P2P4P3$$

Salah satu contoh perhitungan kemungkinan kegagalan pada *basic cause* “Semua indikator dan level alarm gagal (asumsi *abnormal instrument reading*)” pada *compressor* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} - \text{Failure rate} &= 6.03 \times 10^{-6} \times 8760 &= 0.052822 \\ - \text{Reliability} &= e^{-\lambda t} = e^{-0.052822} &= 0.949 \\ - \text{Probability} &= 1 - R(t) &= 1 - 0.949 &= 0.051 \end{aligned}$$

Dari perhitungan frekuensi berdasarkan skenario FTA, kemungkinan *feed gas compressor* dan *air compressor* terbakar dapat terjadi sebanyak 0.0004198 kali/tahun.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, kesimpulannya adalah sebagai berikut. Identifikasi bahaya dan penilaian risiko dengan menggunakan ETBA pada Unit Ammonia Proses I Pabrik I Perusahaan Pupuk adalah sebanyak 78 sumber energi dengan risiko paling banyak yaitu terdapat 23 risiko yang ditimbulkan akibat sumber energi yang melewati feed gas compressor dan air compressor, di mana diperoleh 11 risiko yang tergolong tinggi dan 13 risiko yang tergolong sedang. Penentuan probabilitas skenario kegagalan dengan menggunakan FTA pada Unit Ammonia Proses I Pabrik I Perusahaan Pupuk adalah sebanyak 4 buah FTA yaitu: kompresor terbakar, alat terbakar, Gangguan pendengaran pada manusia, dan cracking. Probabilitas skenario kegagalan dengan menggunakan FTA dapat diketahui berdasarkan hasil perhitungan probabilitas keseluruhan konstruksi FTA, sedangkan kemungkinan feed gas compressor dan air compressor terbakar dapat terjadi sebanyak 0.0004198 kali/tahun. Penentuan rekomendasi untuk mengurangi risiko pada Unit Ammonia Proses I Pabrik I Perusahaan Pupuk Rekomendasi dilakukan dengan cara tindakan preventif yang mengacu pada Hirarki pengendalian (hierarchy of control) yang terdiri dari eliminasi, substitusi, pengendalian teknis, sistem peringatan, pengendalian administrative, dan Personal protective equipment (PPE)/APD untuk meminimalisir probabilitas kegagalan pada suatu sistem.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barikani, A., Givehchi, S., & Nasrabadi, M. (2015). The Identification and Assessment of the Risk by the Method of Energy Trace & Barrier Analysis ( ETBA ) In Foundry Unit of Steel Billet Manufacturing and Industrial Complex of Anzali Free Zone, 5(3), 1152–1158.
- (2012). 1 PPM - 5000 PPM Hidrogen Sulfide in Nitrogen. In Material Safety Data Sheet (pp. 1-6). Auburn: Spec Air Specialty Gases.
- Ericson, C. A. (2005). Hazard Analysis Techniques for System Safety. Virginia: A John Wiley & Sons.
- Gresik, P. P. (2015). Prinsip Proses & Operasi Produksi Ammonia. Gresik: PT Petrokimia Gresik.
- Jafari, J. (2015). Using Energy Trace and Barrier Analysis Method for Risk Analysis of Automated Excavation Work: A Novel Approach to Huge Tunnels. International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 6, Issue 10 , 650-655.
- Lees, F. P. (1996). Loss Prevention in the Process Industries Hazard Identification, Assessment and Control Volume 1. Oxford: Reed Educational and Professional Publishing Ltd.
- (2010). Material Safety Data Sheet. In Carbon Monoxide (pp. 1-8). La Porte: Gas Innovations.
- Material Safety Data Sheet for Methane (CH<sub>4</sub>). In MSDS Document Number - C000. Voltaix Incorporate.
- Mohammadfam, S. M. (2012). Comparative Safety Assessment of Chlorination Unit in Tehran Treatment Plants with HAZOP & ETBA Techniques. 2012 International Symposium on Safety Science and Technology , 27 - 30.
- S.p.A., Eni. (2002). Offshore Reliability Data Handbook. Norway: OREDA Participants.

(halaman ini sengaja dikosongkan)