

IDENTIFIKASI BAHAYA PADA BIOLOGICAL SULPHUR RECOVERY UNIT DENGAN ETBA DAN FTA

Dimas Dwi Kurniawan¹⁾, Moch. Luqman Ashari²⁾, dan Nora Amelia Novitrie³⁾

¹Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Pogram 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: samid12dk@gmail.com

Abstract

Oil and gas companies have units to separate acid gas (H₂S and CO₂) called Biological Sulphur Recovery Unit (BSRU). In operating process, BSRU unit uses some energy resources such as electrical energy, energy from chemicals, heat energy, etc. Some of the energy resources in the unit can be potentially dangerous energy resources. This research use Energy Trace and Barrier Analysis (ETBA) method, continued with failure scenario modeling, Fault Tree Analysis (FTA) method. The result of ETBA methods are 4 risks which are found to be high risk value, 38 risks which are involved in medium risk value, and 25 risks which are involved in low risk value. The highest risks are caused by H₂S release on the equipment. Then, it continued with failure scenario modeling using FTA and resulting two modeling diagrams with 6 minimum cut set in total were obtained. The last, recommendations that refer to the energy barrier categorizations and the hierarchy of control to minimize failure which are given further.

Keywords: *Biological Sulphur Recovery Unit, ETBA, FTA, Risks*

Abstrak

Perusahaan minyak dan gas memiliki unit yang berfungsi untuk memisahkan kandungan *acid gas* (H₂S dan CO₂) yaitu *Biological Sulphur Recovery Unit*. Pada proses operasinya unit BSRU menggunakan beberapa sumber energi seperti *electrical energy, energy from chemicals, heat energy* dan lain-lain. Beberapa sumber energi yang terdapat pada unit dapat menjadi sumber energi potensial berbahaya. Penelitian ini menggunakan metode *Energy Trace and Barrier Analysis* (ETBA) kemudian dilanjutkan pemodelan skenario kegagalan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Hasil penelitian dengan ETBA didapatkan 4 risiko dengan nilai risiko tergolong tinggi, 38 risiko dengan nilai risiko tergolong sedang, dan 25 risiko dengan nilai risiko tergolong rendah. Risiko tertinggi disebabkan oleh pelepasan gas H₂S pada peralatan. Kemudian dilakukan pemodelan skenario kegagalan menggunakan FTA, didapatkan 2 bentuk pemodelan diagram dengan total 6 *minimal cut set*. Setelah itu, memberikan rekomendasi yang mengacu pada kategori *energy barriers* dan *hierarchy of control* untuk meminimalisir terjadinya kegagalan.

Kata Kunci : *Biological Sulphur Recovery Unit, ETBA, FTA, Risiko*

PENDAHULUAN

Perusahaan minyak dan gas yang bergerak di sektor hulu yang berlokasi di Jawa Tengah. Salah satu lokasi yang termasuk dalam area kelola perusahaan ini yaitu, *Central Processing Plant (CPP)* Gundih. CPPG ini juga merupakan proyek pertama di Indonesia yang menggunakan teknologi *Bio Sulfur Recovery Unit (BSRU)*, dan *Caustic Treatment Unit (CTU)*. Bio Sulfur Recovery Unit (BSRU) merupakan unit yang berfungsi untuk memisahkan kandungan H₂S dan CO₂ dari gas produksi. Kandungan Hidrogen Sulfida (H₂S) yang terdapat pada gas produksi dikonversi menjadi elemental Sulphur menggunakan bakteri *thiobacillus*. Sedangkan Carbon Dioksida (CO₂) dibakar pada Thermal Oxidizer sebelum dibuang ke atmosfer. Potensi bahaya tinggi yang terdapat

pada proses produksi di *Central Processing Plant* salah satunya adalah korosi. Potensi korosi yang sering terjadi pada sulfur recovery unit yaitu *High Temperature Sulfidic Corrosion*, yang mana sulfur (S) pada temperatur tinggi ($T > 200^{\circ}\text{C}/400^{\circ}\text{F}$) dapat menyebabkan peralatan dari baja mengalami sulfidasi membentuk lapisan FeS yang tidak protektif dan pada lingkungan akuatik sebagai H₂S yang dapat mengkorosikan hampir seluruh material (Suhendro, 2011). Hidrogen sulfida dapat bereaksi dengan endapan karat atau korosi pada peralatan untuk membentuk besi sulfida. Besi sulfida adalah bahan piroforik, yang berarti dapat menyala secara spontan bila terkena udara. Konsentrasi tinggi (antara 4,3% dan 46% volume gas di udara) dapat terbakar dan meledak jika ada sumber penyalaaan. Bila hidrogen sulfida dilepaskan ke udara, maka akan terbentuk sulfur dioksida dan asam sulfat di atmosfer (Government of Alberta, 2010). Sumber penyalaaan tersebut dapat berasal dari energi yang berasal dari kegiatan pada BSRU. Diantaranya energi elektrikal, temperatur, dan lain-lain.

Berdasarkan contoh kasus yang telah diuraikan, yang mana hal tersebut juga dapat berpotensi pada BSRU. Maka perlu dilakukan identifikasi potensi bahaya dan penilaian risiko, serta mengevaluasi penyebab kegagalan dan kerusakan setiap komponen peralatan yang ada di mesin proses produksi maupun komponen yang berasal diluar proses produksi. Sehingga perlu dilakukan analisa dengan tujuan untuk mencegah kemungkinan buruk yang akan datang terjadi. Menurut Abbasi, et.al (2015) karena sumber energi juga dapat menjadi sumber potensi bahaya. Diperlukan penambahan metode guna mengidentifikasi bahaya dan penilaian risiko terhadap *energy source* dengan menggunakan metode ETBA (*Energy Trace and Barrier Analysis*). Objektivitas ETBA untuk mengidentifikasi risiko yang berasal dari sumber energi yang melewati suatu sistem. Energi yang berisiko masuk ke dalam sistem suatu produksi, kemudian energi yang ada dalam sistem diidentifikasi dan dilakukan penilaian risiko. Dalam teknik ini, potensi bahaya merupakan *energy source* yang negatif yang mempengaruhi tujuan dari sistem yang menyebabkan kegagalan proses produksi. (Barikani et al. 2015). Kemudian dari risiko tersebut, langkah selanjutnya melakukan skenario kegagalan menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analysis*) untuk menentukan kemungkinan penyebab dasar dari kegagalan komponen yang ada pada *Biological Sulphur Recovery Unit*.

Maka dari itu dengan penelitian ini diharapkan dapat mengalami peningkatan dalam segi keilmuan dan dapat membantu perusahaan minyak dan gas tersebut meminimalisir risiko yang berasal dari *energy source* dan kecelakaan di *Biological Sulphur Recovery Unit*. Sehingga meningkatkan kualitas Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan mencegah perusahaan untuk tidak mengalami kerugian yang lebih besar.

METODE PENELITIAN

Barikani et al. (2015) mengemukakan tujuan dari metode ETBA adalah untuk mengidentifikasi potensi risiko, melacak jalur energi dari sistem dan menentukan potensi yang dapat dilihat dari suatu objek. Energi yang berisiko akan masuk ke dalam sistem suatu produksi dan kemudian energi yang ada dalam sistem akan diidentifikasi dan dilakukan penilaian risiko. Dalam teknik ini, potensi bahayanya merupakan sumber energi yang negatif yang memengaruhi tujuan dari suatu sistem yakni kegagalan proses produksi. Langkah-langkah dalam melakukan metode Energy Trace and Barrier Analysis (ETBA) dimulai dengan mengidentifikasi berbagai jenis sumber energi yang tidak diinginkan yang mengakibatkan terjadinya potensi bahaya. Setelah itu sumber energi yang telah diidentifikasi sebelumnya kemudian dikaitkan dengan proyek, program, peralatan, dan mesin pada sistem. Berikut ini merupakan contoh energy sources yang digunakan sebagai acuan untuk mengidentifikasi bahaya dan penilaian risiko dengan metode ETBA pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1
 Contoh Daftar *Energy Sources*

1. <i>Electric energy</i>	5. <i>Power transmission part</i>	8.3 <i>Steepy Surfaces</i>
1.1 <i>Direct current/Alternative current</i>	<i>Linear kinetic energy</i>	9. <i>Displacement of Pressure, Volume and Kinetic energy</i>
1.2 <i>Switch ofMachineries</i>	5.1 <i>Moving Parts</i>	9.1 <i>Explosion or Fracture due to Excessive pressure</i>
1.3 <i>Electricity-loadescables.</i>	5.2 <i>Vehicles and Equipment, Carts and cranes</i>	9.2 <i>Increase in volume of fluids/eruption of fluids</i>
1.4 <i>Batteries</i>	5.3 <i>Cutting Machines</i>	9.3 <i>Gas Cylinders</i>
1.5 <i>Pumps</i>	6. <i>Thermal Energy</i>	9.4 <i>Liquid Jets</i>
1.6 <i>Electromotors</i>	6.1 <i>Molten Materials</i>	10. <i>Chemical Material</i>
1.7 <i>Reducer and Enchancers of Enhancers of Electricity</i>	6.2 <i>Thermal radiation</i>	10.1 <i>Air pollutants (Fumes and Dust)</i>
2. <i>Electromagnetic Radiation (Radiation energy)</i>	6.3 <i>Heat Conductivity</i>	10.2 <i>Wastes</i>
2.1 <i>Non-iozioning Radiation (Infrared,Ultraviolet, visible)</i>	6.4 <i>Air Displacement</i>	10.3 <i>Flammable materials dan fire</i>
3. <i>Inflamable Materials</i>	6.5 <i>Steam</i>	10.4 <i>Carcinogenic materials</i>
3.1 <i>Oils and Greases</i>	6.6 <i>Heated Metal Surfaces</i>	10.5 <i>Water-Reactive materials</i>
3.2 <i>Gases</i>	6.7 <i>Electric Devices and Cables</i>	11. <i>Sound and Vibrations</i>
3.3 <i>Old Clothers and Fabrics</i>	6.8 <i>Heaters</i>	11.1 <i>Sound</i>
4. <i>Rotational Kinetic Energy</i>	6.9 <i>Heat</i>	11.2 <i>Vibrat ons</i>
4.1 <i>Rotating Machines</i>	7. <i>Explosives or Flammable Materials</i>	12. <i>Animate entities</i>
4.2 <i>Gears and Wheels</i>	7.1 <i>Explosive gases</i>	12.1 <i>Human Interactions</i>
4.3 <i>Rotating Fans and Propelling blades</i>	8. <i>Potential energy (Mass,Grevity,Height)</i>	
	8.1 <i>An individual located in height</i>	
	8.2 <i>An object located in height</i>	

Sumber : Barikani et al., 2015

Kemudian dilakukan analisa dengan melakukan *tracing logic* aliran energi yang melewati sistem proses. *Tracing logic* merupakan tahapan menelusuri energi yang mengalir dalam proses operasi yang melewati subsistem proses yang memiliki potensi bahaya. Selain untuk mengetahui sumber energi potensial yang berbahaya pada peralatan, ETBA juga dapat menghasilkan penilaian risiko. Hasil dari penilaian risiko disusun berdasarkan kategori risiko menurut *risk matriks* pada TKO Perusahaan Minyak dan Gas untuk melakukan tindakan perbaikan.

Setelah diketahui jumlah energi yang tergolong *high risk* dari hasil identifikasi bahaya ETBA maka langkah selanjutnya melakukan penentuan skenario kegagalan menggunakan *Fault Tree Analysis (FTA)*. Penggunaan FTA dilakukan untuk mengetahui penyebab dasar dari pelepasan *energy source* yang ada pada *Biological Sulphur Recovery Unit*. Berdasarkan Ericson (2005) langkah-langkah pengerjaan FTA adalah menentukan *Top Event*, membuat pohon kegagalan hingga mendapatkan *Basic Event*, menganalisa bentuk pohon kegagalan, membuat *minimal cut set*, dan mendokumentasikan hasil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Energy Trace and Barrier Analysis

Setelah dilakukan pengerjaan identifikasi bahaya dan penilaian risiko menggunakan metode *Energy Trace and Barrier Analysis* pada peralatan utama BSRU didapatkan hasil sebanyak 67 risiko, dengan rincian 4 risiko yang tergolong dalam risiko tinggi, kemudian 38 risiko yang tergolong dalam risiko sedang, dan 25 risiko yang tergolong dalam risiko rendah. Tabel 2 menunjukkan klasifikasi nilai risiko pada BSRU. Rincian energi potensial berbahaya pada BSRU ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2
 Klasifikasi Nilai Risiko

Indeks Risiko	Kategori Risiko	Frekuensi	%
Tinggi	5E, 5D, 5C, 4E, 4D, 3E	4	6
Sedang	5B, 5A, 4C, 4B, 3D, 3C, 2E, 2D	38	56.7
Rendah	4A, 3B, 3A, 2C, 2B, 2A, 1E, 1D, 1C, 1B, 1A	25	37.3
Total		67	100

Sumber: Hasil Analisis., 2018

Tabel 3
 Hasil Sumber Energi Potensial Berbahaya

Sumber Energi pada BSRU	Jumlah Energi Potensial yang Berbahaya
Chemical	12
Flammable	5
Thermal	7
Sound and Vibration	5
Electrical	14
Rotational Kinetic	7
Pressure, Volume and Kinetic Displacement	15
Etiologic Agent	2
TOTAL	67

Sumber: Hasil Analisis., 2018

Sumber energi potensial yang paling banyak terjadi pada *biological sulphur recovery unit* adalah *displacement of pressure*, *volume*, and *kinetic energy* sebanyak 15 risiko dengan presentase sebesar 24%, kemudian *electrical energy* sebanyak 14 risiko dengan presentase sebesar 22%, dan *chemical energy* sebanyak 13 risiko dengan presentase sebesar 21%. Sumber energi potensial dengan nilai risiko tinggi terdapat pada peralatan *H₂S Absorber*, *Feed Gas Cooler*, *Vent Gas Knock Out Drum*, dan *Thermal Oxidizer* dengan sumber energi yang sama yaitu *chemical energy* pada masing-masing peralatan, dikarenakan gas H₂S yang terdapat pada peralatan berpotensi untuk *release*. Pada Gambar 1 menunjukkan salah satu ETBA *worksheet*.

ENERGY TRACE AND BARRIER ANALYSIS WORKSHEETS									
Drawing Number : PPGJ-PRO-PID-04.001		Process Condition : Temperature : (250 / 67) / 104 (TOP) / 104 (BOTTOM) °F Pressure : (60 / FV) / 5.9 (TOP) : 7.3 (BOTTOM) PSIG		Authors : Dimas Dwi K		Approved by :		Date : 26/04/2018 Rev : Page :	
No.	Equipment	Type of Energy	Risk Description	Potential Objectives	Type of Influence	Barrier (Safeguard)	RAC	Suggested Control	2nd RAC
1	H ₂ S Absorber (V - 0401 A/B)	Toxic Materials (Chemical)	Risiko bahan kimia beracun (gas H ₂ S) yang release	Human	Pusing, Hilang kesadaran, Kematian	- PSV - Pengawasan operator	5D	- Penggunaan SOP mengenai peraturan NAB - Pelatihan mengenai H ₂ S - Gas Detector	5B
2		Flammables	Risiko flammable material seperti pelepasan H ₂ S dengan adanya sumber penyalaan disekitar peralatan	Equipment	Kerusakan pada absorber Kerusakan sambungan pipa, flanges pada absorber	- Safety valve - Alarm	3C	- Perbaikan dan perawatan pada absorber setiap 1 tshun - Melakukan inspeksi rutin	3A

Gambar 1. Energy Trace and Barrier Analysis Worksheet

Sumber: Hasil Analisis., 2018

terdiri dari eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, administrasi, dan alat pelindung diri (APD) untuk meminimalisir kemungkinan kegagalan pada suatu sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, S., Bakhtom, S., Ziaei, M., & Arghami, S., 2015. Comparison of Risk Assessment Using HAZOP and ETBA Techniques: Case Study of a Gasoline Refinery Unit in Iran. *Journal of Human, Environment, and Health Promotion*, 1(1), pp: 19-27.
- 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. *International Journal of Review in Life Sciences*, 5(3), pp: 1152-1158.
- Ericson, C.A., 2005. Event tree analysis. In *Hazard analysis technique for system safety*. John Wiley & Sons, pp. 223–234.
- Government of Alberta. 2010. *Workplace Health and Safety Bulletin*. Available at: https://work.alberta.ca/documents/WHS-PUB_ch067.pdf
- Suhendro, D. P. 2011. *Pemetaan Korosi (Corrosion Mapping) pada Unit 93 Area 90 Sulfur Recovery Unit (SRU) Berdasarkan Standar Api 581 di Pertamina RU IV Cilacap*. Available at: <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-17455-Paper-pdf.pdf>