

**ANALISIS RISIKO DAN PERANCANGAN FM-200 FIRE SUPPRESSION SYSTEM
PADA RUANG SUBSTATION-C
(STUDI KASUS : PERUSAHAAN MINYAK DAN GAS BUMI)**

Ardhana Suswantoro¹⁾, Moch.Luqman Ashari²⁾, Mey Rohma Dhani³⁾

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: ardhanasuswantoro@gmail.com

Abstract

Oil and gas companies have high potential of hazards. One of the hazards as the main focus is electricity because it can cause a fire or explosion hazard. In the work environment of companies engaged in the field of oil and natural gas, the room or space that contains electrical instruments with expensive assets for example, is Substation. With only the availability of fire extinguishers like APAR, it is considered less effective because automatic fire suppression system has not been applied according to the 2001, 2004 NFPA standard so designing one such as FM-200 Fire Suppression System is necessary. In this research, fire risk analysis is done by using the Event Tree Analysis method with two arrangements which are before and after the designing. Then, the risk levels of the before and after sets of Event Tree Analysis will be compared. Furthermore, the researcher will start to design the FM-200 Fire Suppression System. The result of risk analysis before the designing FM-200 is at a high level while after the designing, the risk level changed to medium. The designing uses the FM-200 media. The necessity for FM-200 is 179.22 kg and packed in a tube with a capacity of 68 kg each for total 3 tubes. Total head loss value of the piping system is in the total length of 5.98 m. The Nozzle required is 1 unit, placed 3.7 m above ground.

Keywords: *Event Tree Analysis, FM-200 Fire Suppression System, Substation*

Abstrak

Perusahaan minyak dan gas bumi memiliki potensi bahaya tinggi. Salah satu *hazard* yang menjadi fokus perhatian adalah listrik karena dapat menyebabkan bahaya kebakaran atau peledakan. Dalam lingkup kerja perusahaan yang bergerak di bidang minyak dan gas bumi ini, tempat atau ruang yang terdapat instrumen-instrumen kelistrikan dan memiliki aset sangat mahal sebagai contohnya adalah *Substation*. Dengan hanya adanya media pemadam kebakaran manual seperti APAR dinilai kurang efektif karena belum menerapkan pemadaman otomatis sesuai dengan standar NFPA 2001, 2004 sehingga diperlukan perancangan sistem pemadam kebakaran otomatis seperti FM-200 *Fire Suppression System*. Pada penelitian ini, analisis risiko kebakaran dilakukan dengan menggunakan metode *Event Tree Analysis* dengan dua susunan yaitu sebelum dan sesudah dilakukan perancangan. Kemudian membandingkan nilai risiko dari dua susunan *Event Tree Analysis* sebelum dan sesudah perancangan tersebut. Selanjutnya peneliti memulai untuk melakukan perancangan FM-200 *Fire Suppression System*. Hasil analisis risiko sebelum perancangan FM-200 berada pada tingkat risiko tinggi sedangkan setelah dilakukan perancangan FM-200 tingkat risiko menjadi medium. Dalam perancangan ini menggunakan media FM-200. Kebutuhan FM-200 adalah 179,22 kg yang dikemas dalam tabung dengan kapasitas 68 kg sebanyak 3 tabung. Nilai total head loss sistem perpipaan dengan panjang total 5,98 m. Nozzle yang dibutuhkan sebanyak 1 unit dengan ditempatkan 3,7 m di atas permukaan lantai.

Kata Kunci : *Event Tree Analysis, FM-200 Fire Suppression System, Substation*

PENDAHULUAN

Perusahaan minyak dan gas bumi memiliki potensi bahaya tinggi (Buletin SKK Migas, 2017). Selama ini di dunia industri, tidak pernah lepas dari kecelakaan baik yang menyebabkan kerugian maupun tidak. Dalam rangka penerapan program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di tempat kerja, tentunya harus diperhatikan mengenai sumber-sumber bahaya yang ada di tempat kerja. Proses pengendalian bahaya setidaknya harus relevan dengan potensi sumber bahaya (*hazard*) yang ada di tempat kerja. Dengan demikian, maka program K3 akan berjalan lebih efektif dan efisien. Salah satu *hazard* yang menjadi fokus perhatian adalah listrik karena dapat menyebabkan bahaya kebakaran atau peledakan. Dalam lingkup kerja perusahaan minyak dan gas bumi ini, tempat atau ruang yang terdapat instrumen - instrumen kelistrikan dan memiliki aset sangat mahal sebagai contohnya adalah *Substation*.

Dengan hanya adanya media pemadam kebakaran manual seperti APAR dinilai kurang efektif karena belum menerapkan pemadaman otomatis sesuai dengan standar NFPA 2001,2004 sehingga diperlukan perancangan sistem pemadam kebakaran otomatis seperti FM-200 Fire Suppression System. Pada penelitian ini, analisis risiko kebakaran dilakukan dengan menggunakan metode event tree analysis dengan dua susunan yaitu sebelum dan sesudah dilakukan perancangan. Kemudian membandingkan nilai risiko dari dua susunan event tree analysis sebelum dan sesudah perancangan tersebut.

METODE PENELITIAN

2.1 Event Tree Analysis

Event Tree Analysis adalah suatu metode untuk mengevaluasi potensi dari suatu kecelakaan dan akibat dari kegagalan suatu peralatan atau *process upset* (yang lebih dikenal sebagai *initiating event*). Tidak sama dengan *Fault Tree Analysis* (yang merupakan suatu proses pemikiran secara deduktif), *Event Tree Analysis* merupakan suatu proses pemikiran secara induktif dimana analisis dimulai dari *initiating event* yang dikembangkan dengan kejadian-kejadian secara berurutan yang berpotensi menimbulkan kecelakaan. Urutan dari kejadian dibuat dengan bercabang, yang masing-masing cabang mempunyai kemungkinan untuk *successes* dan *failure* dari *safety function* yang mendukung terjadinya kecelakaan.

2.2 Keandalan

Keandalan merupakan kemampuan suatu alat atau barang dalam melakukan fungsinya dalam kurun waktu tertentu (Evaluations, 1971). Nilai keandalan pada suatu komponen atau sistem merupakan nilai kemungkinan/probabilitas dari suatu sistem untuk dapat memenuhi fungsinya dalam kurun waktu dan kondisi tertentu yang telah ditetapkan.

Fungsi keandalan terhadap waktu $R(t)$ dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (2.1)$$

Dimana :

$f(t)$ = fungsi kepadatan peluang, kemungkinan kegagalan untuk periode tertentu

$R(t)$ = keandalan (*reliability*), peralatan beroperasi pada waktu t

$R = 1$ (Sistem dapat melaksanakan fungsi dengan baik)

$R = 0$ (Sistem tidak dapat melaksanakan fungsi dengan baik)

$R = 0,8$ (Sistem dapat melaksanakan fungsi dengan baik 80%)

2.3 Human Reliability Assessment

Human Reliability Assessment (HRA) merupakan metode kualitatif dan kuantitatif untuk mengukur kontribusi manusia terhadap risiko. Terdapat banyak variasi dari HRA yang dikembangkan pada industri tertentu. Dalam kaitannya dengan kesehatan, keselamatan dan lindung lingkungan (K3LL). HRA digunakan untuk mengidentifikasi risiko yang diberikan manusia, melakukan pengukuran risiko dan pengurangan risiko terhadap kecelakaan kerja.

Sebanyak 35 metode HRA yang sudah diinvestigasi tersebut salah satunya adalah metode SPAR-H (*Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment*). Kelebihan dari metode SPAR-H mampu membangun model performansi manusia secara eksplisit diatas proses informasi yang jelas dengan kuantifikasi menggunakan delapan *performance shapping factor* (PSF). Metode ini menghitung probabilitas berdasarkan jenis kegiatan diagnosis dan actions. Kegiatan diagnosis merupakan kegiatan yang dilakukan pekerja yang berhubungan dengan pengalaman dan pengetahuan terhadap kondisi, perencanaan, dan pemprioritasan aktivitas dalam menjalankan suatu kegiatan. Pekerjaan actions merupakan pekerjaan yang

berhubungan dengan prosedur peraturan dan prosedur . Sebagai contoh pekerjaan yang termasuk pengoperasian peralatan, menjalankan pompa, melakukan pengetesan dan kalibrasi dan mengantisipasi alarm.

2.4 Perancangan FM-200 Fire Suppression System

1. Faktor Isi

Perancangan tersebut melalui langkah-langkah dibawah ini :

a. Hazard Volume

$$V = l \times w \times h \quad (2.2)$$

b. Perhitungan Spesifik Volume dan Berat FM-200

Perhitungan spesifik volume FM-200 dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$S = 0,1269 + 0,0005t \quad (2.3)$$

Perhitungan Berat FM 200 dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$W = V/S [C/100 - C] \quad (2.4)$$

2. Agent Storage Cylinder FM-200

Untuk menentukan jumlah agent storage cylinder FM-200, digunakan rumus sebagai berikut

$$\text{Jumlah tabung} = \frac{\text{Quantity FM-200 (kg)}}{\text{Kapasitas Tabung (kg)}} \quad (2.5)$$

3. Minimum Flow Rate

Berikut adalah rumus perhitungan *minimum flow rate total flooding system* :

$$Q_f = \frac{w \text{ (kg)}}{Tl \text{ (second)}} \quad (2.6)$$

4. Discharge Nozzle

$$\text{Jumlah Nozzle} = \frac{\text{Luas ruangan yang diproteksi}}{\text{Luas pancaran nozzle}} \quad (2.7)$$

5. Perhitungan Perpipaan

a. Perhitungan luas pipa :

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad (2.8)$$

b. Perhitungan kecepatan aliran fluida :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2.9)$$

c. Perhitungan bilangan reynold

Berikut adalah rumus untuk *reynold number* dan *relative roughness* :

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad (2.10)$$

d. Friction factor

- Untuk aliran laminar, perhitungan *friction factor* dapat dihitung dengan rumus :

$$f = \frac{16}{Re} \quad (2.11)$$

- Untuk aliran turbulen, harga *f* (faktor gesekan) didapat dari rumus colebrook. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (2.12)$$

e. Perhitungan Total Head Loss

1. Head Loss Mayor

$$Hld = (f) \frac{L V^2}{D 2g} \quad (2.13)$$

2. Head Loss Minor

$$Hlm = (k) \frac{V^2}{2g} \quad (2.14)$$

3. Perhitungan head loss total

$$hLT = Hld + Hlm \quad (2.15)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Event Tree Analysis

Penilaian dengan menggunakan ETA dalam penelitian ini dilakukan melalui 2 tahap, yaitu penilaian terhadap probabilitas kegagalan *safety function* sesuai kondisi aktual (sebelum perancangan FM-200) dan

penilaian dengan *safety function* sesudah perancangan FM-200 untuk mengurangi risiko terhadap kebakaran yang semakin besar

3.1.1 ETA Sebelum Perancangan FM-200

Berdasarkan diagram ETA di atas nilai probabilitas paling tinggi adalah 0.18059 yang menyebabkan api tidak dapat dikendalikan dan mengalami kerusakan berat. Dari diagram ETA tersebut terdapat 11 outcomes dimana 8 outcomes api tidak dapat dikendalikan.

3.1.2 ETA Sesudah Perancangan FM-200

Berdasarkan diagram ETA di atas nilai probabilitas paling tinggi adalah 0.18059 yang menyebabkan api tidak dapat dikendalikan dan mengalami kerusakan sangat berat. Dari diagram ETA tersebut terdapat 9 outcomes dimana 5 outcomes api tidak dapat dikendalikan.

3.2 Nilai Risiko

Dari hasil ETA (sebelum perancangan FM-200) didapatkan pada tabel 4.6, nilai probabilitas sebesar 0,649 dengan outcomes api tidak dapat dikendalikan. Dimana nilai probabilitas tersebut bila dimasukkan ke dalam risk matriks termasuk pada likelihood dengan nilai rangking 4. Sedangkan outcomes api tidak dapat dikendalikan bila dimasukkan ke dalam risk matriks termasuk pada severity dengan nilai rangking 4. Sehingga didapat hasil dari perkalian antara likelihood dengan severity sebesar 16. Nilai risiko tersebut menunjukkan tingkat *high risk*.

Dari hasil identifikasi bahaya dengan metode ETA (sesudah perancangan FM-200) pada tabel 4.7, didapatkan nilai probabilitas sebesar 0,209 dengan outcomes api tidak dapat dikendalikan. Dimana nilai probabilitas tersebut bila dimasukkan ke dalam risk matriks termasuk pada likelihood dengan nilai rangking 2. Sedangkan outcomes api tidak dapat dikendalikan bila dimasukkan ke dalam risk matriks termasuk pada severity dengan nilai rangking 4. Sehingga didapat hasil dari perkalian antara likelihood dengan severity sebesar 8. Nilai risiko tersebut menunjukkan tingkat *medium risk*.

Dengan membandingkan hasil penilaian risiko sebelum dan sesudah perancangan FM-200, maka dapat disimpulkan bahwa perancangan FM-200 dapat menurunkan risiko kebakaran sehingga risiko dapat ditoleransi.

3.3 Perancangan FM-200 Fire Suppression System

Dalam penelitian ini media yang digunakan adalah FM-200, setelah dilakukan perhitungan dalam perancangan ini didapatkan total kebutuhan FM-200 adalah 179,22 kg yang dikemas dalam tabung dengan kapasitas 68 kg sebanyak 3 tabung dan minimum flow rate sebesar 0,59 kg/s. Nilai total head loss pipa mengalami kerugian tekanan pada fluida sistem perpipaan dengan panjang total 5,98 m. Nozzle yang dibutuhkan sebanyak 1 unit dengan ditempatkan 3,7 m diatas permukaan lantai.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan oleh peneliti maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut : Analisis risiko yang dilakukan dengan *Event Tree Analysis* (sebelum perancangan FM-200) didapatkan nilai probabilitas sebesar 0,649 dengan *outcomes* api tidak dapat dikendalikan yang menunjukkan tingkat *high risk* pada risk matriks. Sedangkan hasil ETA (sesudah perancangan FM-200) nilai probabilitas sebesar 0,209 dengan outcomes api tidak dapat dikendalikan yang menunjukkan tingkat *medium risk*. Dengan membandingkan hasil nilai risiko sebelum dan sesudah perancangan FM-200, maka dengan adanya perancangan FM-200 dapat menurunkan tingkat risiko. Perancangan FM-200 Fire Suppression System pada Ruang Substation-C di Perusahaan Minyak dan Gas Bumi, berdasarkan NFPA 2001, 2004 yaitu membutuhkan 3 tabung FM-200 dengan kapasitas 68 kg dan minimum flow rate sebesar 0,59 kg/s. Nilai total head loss sistem perpipaan dengan panjang total 5,98 m. Nozzle yang dibutuhkan sebanyak 1 unit dengan ditempatkan 3,7 m di atas permukaan lantai.

DAFTAR PUSTAKA

- Bell, Julie & Holroyd, Justin. 2009. *Review of Human Reliability Assessment Methods Health and Safety Laboratory*
- Clifton A. Ericson, II. (2005). *Hazard Analysis Techniques for System Safety*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Evaluations, M. E. (1971). *Component Reliability Electronic Engineering Series* (1st ed.). Hampshire, United Kingdom: TheMacmillan Press Limited.
- Fox, R.W, dan Mc Donald. A.T.. (1994). *Introduction to Fluid Mechanics*. 4th ed. John Wiley&Sons, Inc., Canada

Gertman,D. Dan Blackman, H. 2004. *The SPAR-H Human Reliability Analysis Method*. Idaho National Laboratory

NFPA 2001. *Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems*. 2004 edition

Ramli, S. (2010). **Manajemen Kebakaran**. Jakarta : Dian Rakyat

Ramli, S. (2010). **Manajemen Risiko**. Jakarta : Dian Rakyat

Sanders, Mark S., & Cormick, Ernest J. 1993. *Human Factor in Engineering and Design 7th Edition*. Mc Graw Hill.

Standards Australia / New Zealand, AS/NZS 4360:2004, **Risk Management**, Sydney, NWS, ISBN 0 7337 5904 1.

(halaman ini sengaja dikosongkan)