

EVALUASI KESELAMATAN PADA BOILER FUEL DENGAN METODE LAYERS OF PROTECTION ANALYSIS (LOPA)

STUDI KASUS : PT. IPMOMI

Aswin Kurniawan Pradana^{1*}, Novi Eka Mayangsari², Aulia Nadia Rachmat³

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

email: aswinkurniawan42@gmail.com

Abstrak

Boiler fuel dalam area Coal Treatment PLTU PT. IPMOMI merupakan rangkaian peralatan mesin yang digunakan untuk menghancurkan dan menghaluskan batubara sebagai bahan bakar boiler. Jika terjadi kegagalan fungsi safeguard, maka dapat terjadi kebakaran dan peledakan yang dapat membahayakan seluruh karyawan dan masyarakat yang tinggal di sekitar perusahaan. Penelitian ini menggunakan metode Hazard Operability and Study (HAZOP) untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan level risiko pada peralatan boiler fuel. Selanjutnya, Metode Layer Of Protection Analysis (LOPA) digunakan untuk mengevaluasi kecukupan lapisan perlindungan yang ada. Hasil analisis HAZOP dengan risiko tertinggi yang dilanjutkan dengan penentuan nilai SIL yang didapatkan dari nilai PFD (Probability Failure on Demand). Selanjutnya diberikan rekomendasi berdasarkan penambahan SIF. Berdasarkan hasil identifikasi bahaya dengan HAZOP terdapat 3 consequence yang memiliki risiko ekstrem dan 10 consequence memiliki risiko tinggi yaitu pada coal silo dan coal feeder dengan 1 consequence, serta pulverizer dengan 11 consequence. Berdasarkan hasil penelitian untuk 13 frekuensi skenario, didapatkan hasil bahwa risiko berada pada level high zone (immediate action) dan level moderate zone (action at next opportunity). Rekomendasi yang dapat dilakukan yaitu dengan adanya penambahan SIF. Dari PFD yang telah ditetapkan dapat disimpulkan bahwa nilai SIL adalah 2 dan 3. Inspeksi berkala terhadap komponen pulverizer dapat dipertimbangkan untuk mencegah terjadinya kegagalan yang membahayakan pekerja dan masyarakat disekitar PT.IPOMI.

Keywords: Hazard Operability and Study (HAZOP), Layers of Protection Analysis (LOPA), SIL (Safety Integrity Level), Boiler Fuel

PENDAHULUAN

PT. *International Power Mitsui Operation & Maintenance Indonesia* (PT. IPMOMI) adalah salah satu perusahaan swasta yang mempunyai spesialisasi yang bergerak di bidang energi listrik dengan kawasan power plant yang berada di sub-district PLTU Paiton Unit 3, 7 & 8. PLTU swasta ini dimiliki oleh Paiton Energy Company yang dioperasikan oleh PT. *International Power Mitsui Operation and Maintenance Indonesia* (PT. IPMOMI). PLTU Paiton Unit 3 merupan satu unit pembangkit listrik turbin generator berbahan bakar batubara dengan kapasitas pembangkit yaitu 815 MW yang baru beroperasi pada 2012, dan Paiton Unit 7 & 8 merupakan dua unit pembangkit listrik turbin generator berbahan bakar batubara dengan kapasitas masing – masing 615 MW, sehingga total kapasitas energi listrik yang dihasilkan tiga unit tersebut adalah 2045 MW.

Di dalam *power plant* dalam proses produksi terdapat proses *siklus batu bara* dimana salah satu ragkaiannya adalah *boiler fuel*, yaitu sebuah *system* atau proses untuk menghasilkan tenaga atau daya pada *boiler* sehingga dapat menghasilkan panas yan cukup untuk merubah ai menjadi uap air untuk pembangkit listrik. Didalam *boiler fuel* terapat beberapa peralatan yaitu *Coal Silo*, *Coal feeder*, *Pulverizer/Mill*, dan *Furnace*. *Coal Silo* adalah peralatan yang digunakan sebagai penampungan sementara dari batubara untuk selanjutnya di haluskan

di *pulverizer* Semua yang berkaitan dengan *Mill system* dapat menyebabkan kegagalan yang tentunya memiliki tingkat resiko bahaya yang tinggi dan dapat menyebabkan *detonasi* ataupun *deflagasi*. Hal diatas menunjukkan adanya kemungkinan terjadi kegagalan pada area *Mill System*, sehingga perlu dilakukan analisa dan evaluasi resiko pada *Mill System* yang disebut *Risk Analysis*.

Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi bahaya secara kualitatif dengan metode HAZOP (*Hazard and Operability Study*) untuk meninjau proses atau operasi sistematis untuk menentukan apakah terdapat penyimpangan pada proses yang dapat menyebabkan konsekuensi yang tidak diinginkan. Pemilihan metode HAZOP (*Hazard and Operability Study*) karena metode ini salah satu metode yang mengidentifikasi potensi bahaya yang mengancam keselamatan maupun lingkungan. Kemudian dilakukakn analisa resiko menggunakan pendekatan semi-kuantitatif yaitu metode LOPA (*Layer of Protection Analysis*). Metode ini merupakan bentuk sederhana untuk penilaian resiko.

Dengan adanya analisa dan evaluasi resiko terhadap peralatan pada mill system diharapkan tinggi rendahnya level resiko dapat diketahui sejak dini, maka dalam penelitian ini dapat dilakukan upaya pengendalian pada faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan pada komponen pulverizer di PT. International Power Mitsui Operation & Maintenance Indonesia (PT. IPMOMI).

METODOLOGI

Setelah meninjau dari bab sebelumnya yang memaparkan tentang pendahuluan serta tinjauan pustaka maka pada penelitian ini melakukan survey lapangan untuk mengetahui prinsip kerja yang ada pada *Mill System*, tingkat kegagalan yang mungkin terjasi pada *pulverizer* dan kondisi operasi yang ada pada sistem PT. International Power Mitsui Operation & Maintenance Indonesia (PT. IPMOMI) yang akan diangkat sebagai topik pembahasan dan disesuaikan dengan studi literatur. Kemudian melakukan pengumpulan data berupa :

1. Deskripsi Sistem (meliputi sistem operasi yang ada di *Mill System* beserta *Piping & Instrumented Diagrams*)
2. Data Peralatan (Semua peralatan yang ada pada *Mill System*)
3. Data Kegagalan *Mill System*
4. Standar *Severity* (tingkat keparahan) dan *Likelihood* (keseringan) dari perusahaan
5. Risk Ranking Standar *Severity* (tingkat keparahan) dengan *Likelihood* (keseringan) dari suatu kejadian
6. Melakukan wawancara dengan operator

Setelah data yang diperlukan terkumpul, maka dilakukan pengolahan dengan melakukan identifikasi bahaya yang mungkin timbul pada *Mill System* dengan menggunakan *WorkSheet* HAZOP. Dalam tahapan pengolahan data menggunakan metode HAZOP, yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan titik studi/*study nodes* terhadap proses yang ditentukan
- b. Menentukan *parameters*, *guide words* dan *deviation* pada masing-masing titik studi
- c. Kemudian menentukan *likelihood* dan *severity/consequence* dengan team pada masing-masing titik studi
- d. Setelah mendapatkan nilai *likelihood* dan *severity/consequence* kemudian dimasukkan *Risk Matrix* untuk mengetahui tingkat bahaya yang ditimbulkan oleh kejadian tersebut
- e. Setelah mengetahui tingkat bahaya dari *Risk Matrix* kemudian menjadikan tingkat bahaya yang *high* dan *extreme* sebagai *initiating event* untuk kemudian di analisa *protection layernya* dengan menggunakan metode *Layers Of Protection Analysis* (LOPA).

Dalam melakukan LOPA tahapan yang dilalui adalah :

- Pembuatan/ pengembangan skenario
- Identifikasi *Frekuensi Initiating Event*
- Identifikasi *Independent Protection Layers*
- Menentukan Fekkuensi Skenario
- Pembuatan Keputusan Resiko.

Keputusan resiko dibuat setelah semua skenario lengkap dan resiko yang ada sudah didapatkan melalui perhitungan dari tahap sebelumnya. Kemudian, setelah dilakukan pembuatan keputusan resiko, langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai dari SIL. SIL adalah suatu metode angka target untuk PFD (probability failure on demand) dari suatu SIF (safety instrumented function). Semakin tinggi nilai SIL maka semakin tinggi pula ketersediaan fungsi kemanannya, dengan kata lain bahwa sistem tersebut sudah baik. Ada empat derajat SIL yang disebutkan di standard yaitu (SIL1, SIL 2, SIL 3, dan SIL 4).

Setelah dilakukan pengolahan data, maka hasilnya akan dianalisa dan diinterpretasikan untuk menjawab pertanyaan yang ada pada perumusan masalah. Jika dibutuhkan pemberian lapisan pelindung maka akan

diperhitungkan tingkat keandalannya dan berapa banyak lapisan yang harus diberikan pada *mill system* di PT. International Power Mitsui Operation & Maintenance Indonesia (PT. IPMOMI). Dari hasil analisa data dan interpretasi hasil yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan dan saran kepada perusahaan yang bersangkutan bahwa berapa besar tingkat kegagalan dari *Mill System* yang berada pada PT. International Power Mitsui Operation & Maintenance Indonesia (PT. IPMOMI) dan pemberian lapisan pelindung yang berupa IPL (*Independent Protection Layer*) dengan penerapan metode LOPA (*Layer of Protection Analysis*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

8.1 Hasil Penelitian

Siklus Batubara (*coal cycle*) adalah rangkaian pemrosesan batubara dari *stacking, reclaiming*, dan proses. *Stacking* adalah proses pemindahan batu bara dari kapal ke *coal pile*, Batu bara dipindahkan ke *conveyor* dengan menggunakan *dock mobile hopper* menuju *coal pile*. *Reclaiming* adalah proses pengambilan batu bara dari *coal pile* ke *coal silo*, Batu bara diambil menggunakan *stacker* kemudian diletakkan di belt conveyor untuk dialirkan menuju *transfer house* dari *transfer house* dibawa menuju *crusher house* untuk memotong batu bara menjadi kerikil kecil-kecil dan setelah itu Batu bara diangkut menggunakan *tripper* untuk dipindahkan ke *coal silo*. Proses adalah turunnya batubara dari *coal silo* yang diatur oleh *coal feeder* untuk masuk ke dalam *pulverizer/mill* untuk dihaluskan sampai ukuran 200 mesh supaya lebih mudah terbakar di *furnace*. Rangkaian *mill system* terdapat pada *coal cycle* yaitu proses, dimana *mill system* merupakan salah satu proses di dalam siklus batubara (*coal cycle*) yang didalamnya terjadi penghalusan batubara dan pembakarannya untuk menghasilkan panas pada *boiler*. Didalam *boiler fuel system* terdapat beberapa peralatan yaitu : *coal silo, coal feeder, pulverizer/mill, furnace*. Dan juga terdapat beberapa *safety instrumen* dan *safety indicator* sebagai berikut : *acoustic flow meter, gate valve, flow control, flow indicator, temperature indicator, rpm indicator, pressure indicator*.

Tahap awal dalam pengerjaan HAZOP (*Hazard Operability and Study*) dilakukan adalah dengan penentuan *study node* dari *Boiler Fuel System* pada Unit *Power Plant* PT. IPMOMI (*International Power Mitsui Maintenance and Operation Indonesia*) seperti pada tabel 1.

Tabel 24 Pembagian Study Node

No.	Study Node
1.	Keluaran dan Masukan di <i>Coal Silo</i>
2.	Keluaran dan Masukan di <i>Coal Feeder</i>
3.	Keluaran dan Masukan di <i>Pulverizer/Mill</i>

Setelah menentukan study node, maka dilakukan penentuan dari *deviation, causes*, dan *consequences* pada setiap study node.

Setelah pembagian study node di lakukan analisa likelihood dan consequence yang kemudian di ambil resiko yang *extreem* dan *high*. Kemudian dilanjutkan dengan analisa menggunakan metode *Layers of Protection Analysis (LOPA)* setelah melalui beberapa tahapan dalam pengerjaannya seperti pengembangan skenario, identifikasi *frekuensi initiating event*, identifikasi *independent protectoin layers*, menentukan frekuensi skenario, dan mengambil keputusan resiko, dengan hasil pada tabel 2.

Tabel 2 Tabel Risk Matriks LOPA sebelum diturunkan

Skenario	Nilai Frekuensi	Consequence	Risk Matriks LOPA
Skenario 1	3,5 x 10 ⁻²	Very High	Immediate action (notify corporate management)
Skenario 2	3,5 x 10 ⁻²	Very High	Immediate action
Skenario 3	6,86 x 10 ⁻¹	Very High	Immediate action

Skenario 4	$3,5 \times 10^{-2}$	<i>High</i>	<i>Action at next opportunity (notify corporate management)</i>
Skenario 5	$3,5 \times 10^{-2}$	<i>High</i>	<i>Action at next opportunity</i>
Skenario 6	$1,14 \times 10^{-1}$	<i>High</i>	<i>Action at next opportunity</i>
Skenario 7	$1,41 \times 10^{-1}$	<i>High</i>	<i>Action at next opportunity</i>
Skenario 8	$1,41 \times 10^{-1}$	<i>High</i>	<i>Action at next opportunity</i>
Skenario 9	$1,41 \times 10^{-1}$	<i>High</i>	<i>Action at next opportunity</i>
Skenario 10	$3,75 \times 10^{-1}$	<i>High</i>	<i>Action at next opportunity</i>
Skenario 11	$3,5 \times 10^{-2}$	<i>High</i>	<i>Action at next opportunity</i>
Skenario 12	$1,41 \times 10^{-1}$	<i>High</i>	<i>Action at next opportunity</i>
Skenario 13	$1,7 \times 10^{-1}$	<i>High</i>	<i>Action at next opportunity</i>

Didalam tabel tersebut terdapat nilai frekuensi skenario yang didapat dari identifikasi frekuensi initiating event yang berasal dari tabel, kemudian dikalikan dengan independent protection layers, setelah itu menentukan frekuensi skenario, barulah masuk ke pengambilan keputusan resiko dimana disini nilai dari awal akan dimasukkan ke tabel LOPA yang terdapat pada buku CCPS 2001. Ketika nilai dari frekuensi tersebut terdapat pada risk matriks immediate action dan action next opportunity maka harus diturunkan dengan penambahan instrumen baik pasif maupun aktif seperti SIF atau SIS pada peralatan tersebut. Seperti tabel 3

Tabel 3 Tabel Risk Matriks LOPA setelah diturunkan

Skenario	Nilai Frekuensi	<i>Consequence</i>	Risk Matriks LOPA
Skenario 1	$3,5 \times 10^{-5}$	<i>Very High</i>	<i>Optional (evaluate alternative)</i>
Skenario 2	$3,5 \times 10^{-5}$	<i>Very High</i>	<i>Optional</i>
Skenario 3	$6,86 \times 10^{-5}$	<i>Very High</i>	<i>Optional</i>
Skenario 4	$3,5 \times 10^{-4}$	<i>High</i>	<i>Optional</i>
Skenario 5	$3,5 \times 10^{-4}$	<i>High</i>	<i>Optional</i>
Skenario 6	$1,14 \times 10^{-4}$	<i>High</i>	<i>Optional</i>
Skenario 7	$1,41 \times 10^{-4}$	<i>High</i>	<i>Optional</i>
Skenario 8	$1,41 \times 10^{-4}$	<i>High</i>	<i>Optional</i>
Skenario 9	$1,41 \times 10^{-4}$	<i>High</i>	<i>Optional</i>
Skenario 10	$3,75 \times 10^{-4}$	<i>High</i>	<i>Optional</i>

Skenario 11	$3,5 \times 10^{-4}$	High	Optional
Skenario 12	$1,41 \times 10^{-4}$	High	Optional
Skenario 13	$1,7 \times 10^{-4}$	High	Optional

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil identifikasi bahaya dengan menggunakan metode HAZOP (*Hazard Operability and Study*) pada boiler fuel PT. International Power Mitsui Operation and Maintenance Indonesia (IPMOMI) Paiton yang terbagi menjadi 3 node didapatkan 33 risiko bahaya dengan 14 risiko bahaya kategori rendah (hijau), 6 risiko bahaya kategori medium (biru), 10 risiko bahaya kategori tinggi (kuning) dan 3 risiko bahaya kategori ekstrem (merah). Node yang memiliki kategori risiko ekstrem yaitu node 3.
2. Berdasarkan hasil analisis terhadap 3 risiko kategori *extrem* dan 10 risiko kategori *high* dengan menggunakan metode LOPA (*Layer Protection and Analysis*) didapatkan yaitu, 1 risiko yang terdiri dari skenario 3 termasuk dalam level high zone (*immediate action*), 12 risiko yang terdiri dari skenario 1,2,4,5,6,7,8,9,10,11,12 dan 13 termasuk dalam level *moderate zone (action at next opportunity)*.
3. Pada skenario pertama, kedua, keempat, kelima, keenam, ketujuh, kedelapan, kesembilan, kesepuluh, kesebelas, duabelas, dan ketigabelas nilai dari masing-masing PFD adalah 1×10^{-3} , berdasarkan tabel *Integrity Level* maka SIL yang dibutuhkan adalah SIL 2, sedangkan pada skenario ketiga dengan nilai 1×10^{-4} dibutuhkan SIL 3.
4. Rekomendasi yang dapat dilakukan pada risiko dengan level high zone (*immediate action*) dan level moderate zone (*action at next opportunity*) agar dapat ditolerir yaitu dengan menambahkan IPL untuk menurunkan nilai frekuensi dari setiap skenario. Penambahan berupa SIS (*Safety Instrumented System*) loop, *safety interlock*, BPCS (*Basic Process Control System*), *Resistance Temperature Detector* (RTD), *Metane gas detector*, *magnetic flow meter*, *orifice plate*, *pitot tube*, dan *rotation detector*. Selain itu perawatan dan inspeksi secara berkala serta penerapan prosedur pengoperasian boiler fuel secara benar perlu dipertimbangkan agar mencegah terjadinya kegagalan yang menimbulkan kerugian.

DAFTAR PUSTAKA

- CCPS. (1992). *Guideline for Hazard Evaluation Procedures - Second Edition with Worked Example*. New York: American Institute of Chemical Engineers (AIChE).
- CCPS. (2001). *Layer of protection analysis - simplified process risk assessment*. . New York: American Institute of Chemical Engineers (AIChE).
- CCPS. (2015). *Guideline For Initiating Events And Independent Protection Layers In Layer Protection Analysis*. New York: American Institute of Chemical Engineers (AIChE).
- Lassen, C. A. (2008). *Layer Of Protection Analysis (LOPA) For Determination Of Safety Integrity Level (SIL)*. Norwegia: The Norwegian University Of Science And Technology.
- Mannan, M. S. (2015). *Lee's Loss Prevention in the Process Industries : Hazard Identification, Assesment and Control Volume 1*. Texas: Department of Chemical Engineering, Texas A&M University.
- Willey, R. J. (2014). *Layer of Protection Analysis*. Boston: Department of Chemical Engineering, Northeastern University.