

ANALISIS LAPISAN PELINDUNG PADA *COAL FEEDER* DAN *COAL MILL* DI PERUSAHAAN PUPUK

Yan Aditya A. Sadewa¹⁾, Projek Priyonggo S. L.²⁾, dan Novi Eka Mayangsari³⁾

¹⁾Jurusan 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: yanaditya30@gmail.com (10 pt)

Abstract

Coal feeder and coal mill in UBB area of fertilizer industry is a machine that used to supply fuel energy of boiler. Both of these machines is protected with safeguards that has some specific functions. If failures happens on safeguard, so explosion and fire will be harmed surrounding peoples and employees. Because of that, this research purpose is to analyze safeguard adequacy and SIL analysis on coal feeder and coal mill. In this research Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method is used to identify hazard potential and risk level of coal feeder and coal mill components. Then FMEA result will be analyzed using Layer Of Protection Analysis (LOPA) method to find protection adequacy and determining SIL. Depends on hazard identification using FMEA method, there are three consequences with highest risk level, coal feeder have 1 consequence and coal mill have 2 consequences. Depends on research result for first, second and third scenario frequency are $1,26 \times 10^{-2}$, $9,8 \times 10^{-3}$ and $1,50 \times 10^{-2}$ per year. That means their risk can not be accepted. Recommendation that will be applied is to add IPL that can reduce scenario frequency untill the risk can be accepted. Determined PFD of IPL can be concluded for SIL of Inverter with failure mode overflow in coal feeder is 3, coal mill motor with failure mode high temperature in coal mill is 2 and wheat ball with failure mode overpressure in coal mill is 3.

Keywords: *Coal Feeder, Coal Mill, FMEA, LOPA, SIL*

Abstrak

Coal feeder dan coal mill dalam area UBB perusahaan pupuk merupakan alat yang digunakan untuk menyuplai bahan bakar batu bara ke boiler. Kedua alat tersebut dilengkapi dengan safeguard yang bekerja sesuai fungsi. Jika terjadi kegagalan fungsi safeguard, maka dapat terjadi peledakan dan kebakaran yang dapat membahayakan karyawan dan masyarakat sekitar perusahaan. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis kecukupan safeguard dan analisis SIL pada coal feeder dan coal mill. Penelitian ini menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan tingkat risiko pada komponen coal feeder dan coal mill. Selanjutnya hasil dari FMEA dilakukan analisis kecukupan pelindung menggunakan metode Layer Of Protection Analysis (LOPA) dan menentukan nilai SIL (Safety Integrity Level). Berdasarkan hasil identifikasi bahaya menggunakan metode FMEA terdapat tiga consequence dengan tingkat risiko tertinggi yaitu coal feeder memiliki 1 consequence dan coal mill memiliki 2 consequence. Berdasarkan hasil penelitian untuk frekuensi skenario kesatu, kedua dan ketiga didapatkan $1,26 \times 10^{-2}$, $9,8 \times 10^{-3}$ dan $1,50 \times 10^{-2}$ per tahun. Didapatkan hasil bahwa risiko berada pada tingkat tidak dapat diterima. Rekomendasi yang dapat diterapkan adalah penambahan IPL yang dapat mereduksi frekuensi skenario hingga dapat diterima. Dari PFD yang ditentukan dapat diketahui untuk skenario kesatu adalah SIL 3, skenario kedua SIL 2 dan Skenario ketiga adalah SIL 3.

Kata Kunci: *Coal Feeder, Coal Mill, FMEA, LOPA, SIL*

PENDAHULUAN

Perusahaan pupuk yang berada di kota Gresik memiliki bagian yang bertugas untuk memproduksi energi listrik menggunakan *boiler* dengan bahan bakar batu bara. Dalam proses *supply* batu bara yang akan digunakan untuk pembakaran di *boiler*, terdapat *coal feeder* yang berfungsi untuk mengatur volume batu bara dari *coal bunker* menuju ke *coal mill*. *Coal feeder* dan *Coal Mill* sering mengalami kegagalan komponen yang dapat menyebabkan berbagai kerugian.

Untuk mengetahui risiko dan konsekuensi dari kegagalan komponen pada *coal feeder* dilakukan analisis kegagalan komponen menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang selanjutnya komponen dari *coal feeder* dan *coal mill* yang memiliki tingkat risiko tertinggi dilakukan analisis untuk mengetahui kecukupan proteksi menggunakan metode *Layer Of Protection Analysis* (LOPA). Penilaian kecukupan pelindung tersebut dapat digunakan untuk menentukan seberapa besar risiko tersebut memerlukan pengurangan dan dapat diketahui nilai *Safety Integrity Level* (SIL) yang dibutuhkan.

Dengan adanya analisis proteksi pada *coal feeder* dan *coal mill* diharapkan dapat diketahui tinggi rendahnya risiko dan konsekuensi dari *coal feeder* dan *coal mill* sehingga dapat dilakukan upaya untuk mengendalikan risiko tersebut agar tidak membahayakan pekerja atau masyarakat sekitar perusahaan pupuk.

METODE PENELITIAN

Setelah meninjau dari pendahuluan serta tinjauan pustaka maka pada penelitian ini melakukan peninjauan lapangan untuk mengetahui prinsip kerja, tingkat kegagalan yang mungkin terjadi pada *coal feeder* dan *coal mill* di perusahaan pupuk. Kemudian dilakukan pengumpulan data berupa:

1. *Process Flow Diagram* Utilitas Batu Bara (UBB).
2. Data kegagalan komponen *coal feeder* dan *coal mill*.
3. Standar *Likelihood*, *Severity* dan *risk rating* di perusahaan pupuk.
4. Data peralatan *coal feeder* dan *coal mill*.
5. Wawancara dengan operator.

Setelah data yang diperlukan terkumpul, maka dilakukan pengolahan dengan melakukan identifikasi bahaya yang mungkin timbul dari kegagalan komponen *coal feeder* dan *coal mill* menggunakan metode FMEA. Dalam tahapan pengolahan data menggunakan metode FMEA, yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan komponen dari *coal feeder* dan *coal mill* yang akan diidentifikasi.
2. Menentukan mode kegagalan yang mungkin terjadi pada setiap komponen penyusun *coal feeder* dan *coal mill*.
3. Menentukan efek dari kegagalan komponen tersebut.
4. Menentukan efek dari kegagalan komponen terhadap seluruh sistem alat.
5. Menentukan cara mendeteksi apabila terjadi kegagalan dari komponen tersebut.
6. Menentukan risiko kegagalan tersebut
7. Menentukan rekomendasi untuk menanggulangi kegagalan dari komponen tersebut.

Setelah dilakukan analisis menggunakan metode FMEA, maka didapatkan komponen yang berada pada tingkat risiko tertinggi yang akan dilakukan analisis kecukupan *protection layer* dengan menggunakan metode LOPA. Dalam tahapan pengolahan data menggunakan metode LOPA, yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan Skenario dari konsekuensi yang didapatkan di metode FMEA
2. Identifikasi *Initiating Event Frequency*
3. Identifikasi *Independent Protection Layer*
4. Penetapan Frekuensi Skenario

5. Pembuatan Keputusan Skenario

Keputusan skenario dibuat setelah semua skenario lengkap dan perhitungan frekuensi skenario yang sudah dilakukan pada tahap sebelumnya. Kemudian, setelah dilakukan pembuatan keputusan skenario maka langkah selanjutnya adalah menentukan nilai dari SIL. SIL adalah metode angka target untuk *Probability Failure on Demand* (PFD) dari *Independent Protection Layer* (IPL). Semakin tinggi nilai SIL maka, semakin tinggi pula tingkat keamanan yang dibutuhkan.

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 seberapa banyak lapisan yang harus diberikan pada alat *coal feeder* dan *coal mill* di perusahaan pupuk. Dari hasil analisis data dan interpretasi hasil yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan dan saran kepada perusahaan yang bersangkutan bahwa seberapa besar tingkat kegagalan

pada alat *coal feeder* dan *coal mill* yang berada di perusahaan pupuk dan pemberian lapisan proteksi yang berupa IPL dengan penerapan metode LOPA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip kerja *coal feeder* adalah batu bara mentah yang berasal dari *coal bunker* masuk ke dalam *coal feeder* melalui *chute inlet* dan akan ditampung pada *conveyor belt* dari *coal feeder*. *Conveyor belt* tersambung dengan dua jenis *pulley* yaitu, *drive pulley* yang berfungsi untuk menyalurkan energi gerak dari *coal feeder motor* sehingga *conveyor belt* dapat berputar dan *tail pulley* yang berfungsi untuk mengencangkan *conveyor belt* sehingga perputaran yang dihasilkan dapat maksimal. Energi gerak yang digunakan untuk menggerakkan *conveyor belt* menggunakan *motor* yang tersambung dengan *gearbox* untuk menurunkan rpm pada motor yang berhubungan dengan *drive pulley*. Sebenarnya prinsip kerja pada *coal feeder* sama seperti *conveyor* pada umumnya, tetapi yang membedakan *coal feeder* dengan *conveyor* pada umumnya adalah terdapat *inverter* yang dapat mengatur kecepatan putar pada *pulley*. *Inverter* tersebut terhubung dengan CCR (*Central Control Room*) dan terhubung dengan *coal feeder motor* sehingga dapat mengatur kecepatan *conveyor belt* dan batu bara yang akan keluar melalui *chute outlet* sesuai dengan kebutuhan produksi.

Prinsip kerja *coal mill* secara umum dimulai dengan batu bara yang dilewatkan lewat *chute inlet* dari *coal feeder*, batu bara kemudian jatuh dan ditampung pada *bowl assembly* (semacam meja yang berputar secara sentripetal) untuk menghancurkan batu bara ke *wheat ball* (penghancur batu bara). Energi gerak yang digunakan untuk memutar *bowl assembly* berasal dari *coal mill motor* yang dihubungkan dengan *gearbox* yang dapat menurunkan rpm motor dari 1500 rpm menjadi 60 rpm. Setelah mengalami proses penghancuran batu bara kemudian menjadi abu yang siap dibakar di *burner* pada boiler. Agar abu hasil penghancuran tersebut tidak membentuk kerak pada bagian yang lain, maka dilakukan *spring* atau disemprot menggunakan udara panas yang berasal dari PAF (*Primary Air Fan*). Selanjutnya abu batu bara menuju ke *classifier assembly*, abu batu bara disaring sehingga hanya batu bara yang sudah memenuhi ukuran yang ditentukan yang akan dikirimkan menuju *burner*. Sedangkan abu batu bara yang tidak dapat melewati *classifier assembly* akan jatuh kembali menuju *bowl assembly* untuk menjalani proses penghancuran lagi.

Tahap awal dari pengerjaan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dilakukan dengan menentukan komponen, mode kegagalan, efek dari kegagalan tersebut, *severity*, *likelihood* dan tingkat risiko dari kegagalan tersebut. Komponen yang memiliki risiko sangat tinggi dari *coal feeder* dapat dilihat pada Tabel 1. dan untuk *coal mill* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1
 FMEA dari komponen dengan risiko sangat tinggi pada *coal feeder*

No	Component	Failure or Error mode	Effects on Other Component	Effects on Whole System	S	L	R	Detection Method	Compensating Provisions and Remarks
1	Inverter	Flow raw coal berlebihan dikarenakan inverter tidak berfungsi	Perputaran pulley tidak dapat diatur sehingga laju dari belt tidak teratur	Beban raw coal yang berada di coal mill berlebihan sehingga menyebabkan coal mill mengalami peledakan	4	3	4	Control dari CCR (Central Control Room)	RTPM (Routine Test Preventive Maintenance) tiap 2400 jam dan Mengkalibrasi inverter dan mengganti apabila rusak

Sumber : Penulis, Tahun 2018

Tabel 2
 FMEA dari komponen dengan risiko sangat tinggi pada *coal mill*

No	Component	Failure or Error mode	Effects on Other Component	Effects on Whole System	S	L	R	Detection Method	Compensating Provisions and Remarks
1	Coal Mill Motor	Motor pada coal mill terbakar	Mengalami kenaikan temperatur	Sistem kerja pada mill chamber	4	3	4	Visual dan control dari CCR	RTPM (Routine Test Preventive Maintenance) tiap 2400 jam
2	Wheat Ball	Grinding batu bara tidak sempurna karena wheat ball pecah dan beban yang terlalu tinggi	Tekanan pada mill chamber meningkat dikarenakan beban batu bara yang menumpuk dan temperatur mill chamber meningkat. Akibatnya mengalami kenaikan temperatur	Menyebabkan coal mill mengalami peledakan karena overpressure	4	3	4	Control dari CCR (Central Control Room)	Diberikan auto coal feeder stop untuk mengurangi aliran batu bara masuk Check dan maintenance pada bagian inverter coal feeder RTPM (Routine Test Preventive Maintenance) tiap 2400 jam terutama pada bagian sensor temperature

Sumber : Penulis, Tahun 2018

Setelah diketahui komponen dari kedua alat tersebut yang memiliki nilai risiko tertinggi maka selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode *Layer Of Protection Analysis* (LOPA). Tahapan dari metode LOPA antara lain pembuatan skenario, identifikasi *initiating event frequency*, identifikasi *independent protection layer*, penetapan frekuensi skenario dan pembuatan keputusan skenario. Nilai frekuensi dari setiap skenario dan keputusan berdasarkan *risk matrix* LOPA menurut CCPS (2001) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3
 Nilai Frekuensi Skenario dan Keputusan Skenario (sebelum penambahan IPL)

Skenario	Nilai Frekuensi (per tahun)	Consequence Category	Risk Matrix LOPA
Skenario 1	$1,26 \times 10^{-2}$	Category 4	Action At Next Opportunity
Skenario 2	$9,8 \times 10^{-3}$	Category 4	Action At Next Opportunity
Skenario 3	$1,50 \times 10^{-2}$	Category 4	Action At Next Opportunity

Sumber : Penulis, Tahun 2018

Berdasarkan Tabel 3. Dapat diketahui semua skenario berada pada tingkat “Action At Next Opportunity” hal ini berarti risiko tidak dapat diterima dan memerlukan pengurangan. Pengurangan dilakukan dengan penambahan *Independent Protection Layer* (IPL) yang sesuai dengan masing-masing skenario. Nilai Frekuensi dan keputusan skenario setelah penambahan IPL dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.
 Nilai Frekuensi Skenario dan Keputusan Skenario (setelah penambahan IPL)

Skenario	Nilai Frekuensi (per tahun)	Consequence Category	Risk Matrix LOPA
Skenario 1	$1,26 \times 10^{-4}$	Category 4	Optional
Skenario 2	$9,8 \times 10^{-4}$	Category 4	Optional
Skenario 3	$1,50 \times 10^{-4}$	Category 4	Optional

Sumber : Penulis, Tahun 2018

Setelah dilakukan penambahan IPL semua skenario berada pada tingkat “Optional” hal ini berarti risiko dapat diterima tetapi pengendalian masih diperhitungkan. Pemilihan penambahan IPL berdasarkan prinsip ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*). Untuk mendapatkan nilai SIL ditentukan dari jumlah PFD dari seluruh IPL yang ada pada setiap skenario dan dikombinasikan dengan tabel yang ada pada ANSI/ISA 84 (2004). Untuk nilai SIL dari setiap skenario dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5.
 Nilai Safety Integrity Level (SIL) Setiap Skenario

Skenario	Alat	Mode Kegagalan	Total PFD	Nilai SIL
Skenario 1	Coal Feeder	Overflow	1×10^{-4}	3
Skenario 2	Coal Mill	High Temperature	1×10^{-3}	2
Skenario 3	Coal Mill	Overpressure	1×10^{-4}	3

Sumber : Penulis, Tahun 2018

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan. Dari komponen-komponen alat coal feeder dan coal mill yang sudah dilakukan identifikasi risiko menggunakan metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), terdapat 1 komponen pada alat coal feeder dan 2 komponen pada alat coal mill yang memiliki potensi bahaya very high risk. Komponen pertama yaitu inverter pada alat coal feeder yang memiliki mode kegagalan overflow, komponen kedua yaitu coal mill motor yang memiliki mode kegagalan high temperature dan komponen ketiga yaitu wheat ball yang memiliki mode kegagalan overpressure

Skenario 1 yaitu overflow pada alat coal feeder yang disebabkan inverter tidak berfungsi memiliki nilai frekuensi skenario sebesar $1,26 \times 10^{-2}$. Skenario 2 yaitu high temperature pada alat coal mill yang disebabkan

temperature sensor pada coal mill motor tidak berfungsi memiliki nilai frekuensi skenario sebesar $9,8 \times 10^{-3}$. Skenario 3 yaitu overpressure pada alat coal mill yang disebabkan oleh wheat ball pecah atau mengalami kerusakan struktur memiliki nilai frekuensi skenario sebesar $1,50 \times 10^{-2}$.

PFD dari IPL skenario pertama adalah 1×10^{-4} berdasarkan Tabel 4.13 nilai SIL yang dibutuhkan alat coal feeder dengan mode kegagalan overflow adalah SIL 3, nilai PFD dari IPL skenario kedua adalah 1×10^{-3} berdasarkan Tabel 4.13 nilai SIL yang dibutuhkan alat coal mill dengan mode kegagalan high temperature adalah SIL 2 dan untuk nilai PFD dari IPL untuk skenario ketiga adalah 1×10^{-4} sehingga nilai SIL yang dibutuhkan alat coal mill dengan mode kegagalan overpressured adalah SIL 3.

DAFTAR PUSTAKA

- ANSI/ISA-84.00.01-2004 Functional Safety : Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector - Part 1: Framework, Definitions, System, Hardware and Software Requirements. ISA., North Carolina.
- CCPS (2001). *Layer of protection analysis - simplified process risk assessment*. American Institute of Chemical Engineers (AIChE), Centre for Chemical Process Safety (CCPS). 3 Park Avenue, New York.
- CCPS (2015). *Guideline For Initiating Events And Independent Protection Layers In Layer Protection Analysis*. American Institute of Chemical Engineers (AIChE), Centre for Chemical Process Safety (CCPS). 3 Park Avenue, New York.
- Dr. Sam Mannan, PE, CSP (2015). *Lee's Loss Prevention in the Process Industries : Hazard Identification, Assesment and Control Volume 1*. Department of Chemical Engineering, Texas A&M University, USA.
- IHM (2010). *Konversi Energi Batubara (KEBB)*. Pusat Diklat PT. Petrokimia Gresik, Gresik.
- Lassen, C. A. (2008). *Layer of Protection Analysis (LOPA) for Determination of Safety Integrity Level (SIL)*. Master Project. Departement of Production and Quality Engineering. The Norwegian University of Science of Technology. Snarøya, Norway.