

**STUDI ANALISIS RISIKO PADA FASILITAS PENCAMPURAN DAN PENGISIAN DI INDUSTRI MINYAK PELUMAS MENGGUNAKAN INTEGRASI HAZOP (HAZARD AND OPERABILITY) DENGAN LOPA (LAYER OF PROTECTION ANALYSIS)**

**Jajang Nurjaman<sup>1</sup>, Sri Agustina<sup>1,2\*</sup>, Widya Ernayati Kosimaningrum<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Magister Teknik Kimia, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jendral Sudirman km 03 Cilegon, 42435, Banten

<sup>2</sup> Laboratorium Biomaterial Terapan dan Rekayasa Produk, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jendral Sudirman km 03 Cilegon, 42435, Banten

\*Email: [sriagustina@untirta.ac.id](mailto:sriagustina@untirta.ac.id)

**Abstrak**

Proses utama di pabrik pelumas meliputi proses *blending* (Pencampuran) dan *filling* (Pengisian), yang aktifitas produksinya terdapat banyak risiko yang bisa membahayakan terhadap aspek kualitas maupun keselamatan. Manajemen keselamatan proses merupakan salah satu cara yang bisa dilakukan untuk mengidentifikasi potensi risiko yang akan terjadi sehingga bisa diketahui lebih dini langkah pencegahannya. *Hazard operability* (HAZOP) adalah salah satu metode yang bisa digunakan untuk melakukan proses analisis risiko dari setiap tahapan produksi di unit *blending and filling*. Selanjutnya hasil dari HAZOP diintegrasikan dengan LOPA (*layer of protection analysis*) untuk menilai kecukupan *independent protection layer* (IPL) dan menetapkan nilai *safety integrity level* (SIL) yang merupakan hasil semi kuantitatif untuk mengukur performa yang dibutuhkan oleh *safety instrumented function* (SIF). Hasil akhirnya akan berupa rekomendasi langkah pencegahan untuk mencegah terjadinya kejadian yang sama untuk menentukan penurunan nilai risiko setelah dilakukan perbaikan terhadap proses dan dampak secara ekonomi sebagai hasil dari penurunan nilai risiko tersebut.

**Kata Kunci:** Analisis Risiko, HAZOP, LOPA, IPL, SIL, SIF, *Blending And Filling Process*

**Abstract**

*Blending and filling are the primary process in lubricant blending plant to produce lube oil. Every stage of these processes may cause potentially high hazards, affecting product quality and process safety. Process safety management is one of the solutions that can identify the potential risks which may occur at an early stage. Furthermore, it also can be used to define the preventive action to mitigate the risks. Hazard and operability (HAZOP) are one of the methods which can be utilized to identify the hazard at every stage of oil production, particularly during the blending and filling process. The result from the HAZOP study managed and integrated with LOPA to identify the adequacy of independent protection layer (IPL) and to determine safety integrity level (SIL) as semi-quantitative output to measure performance required for safety instrumented function (SIF). Recommended preventive action will be obtained to prevent similar incidents from happening to determine risk-reducing after improving the process and economic impact as a result of the risk-reducing level.*

**Keywords:** Risk Assessment, HAZOP, LOPA, IPL, SIL, SIF *Blending And Filling Process*

**1. PENDAHULUAN**

Pelumas adalah material yang berfungsi untuk mengurangi gaya gesek antara dua benda yang bergerak. Pelumas adalah suatu zat kimia yang pada

umumnya berupa cairan yang memiliki titik nyala (*flash point*) di atas 200°C. Pada umumnya pelumas terdiri dari campuran 70–90% *base oil* yang

ditambahkan komponen aditif untuk meningkatkan kinerja dari pelumas ketika melakukan fungsinya.

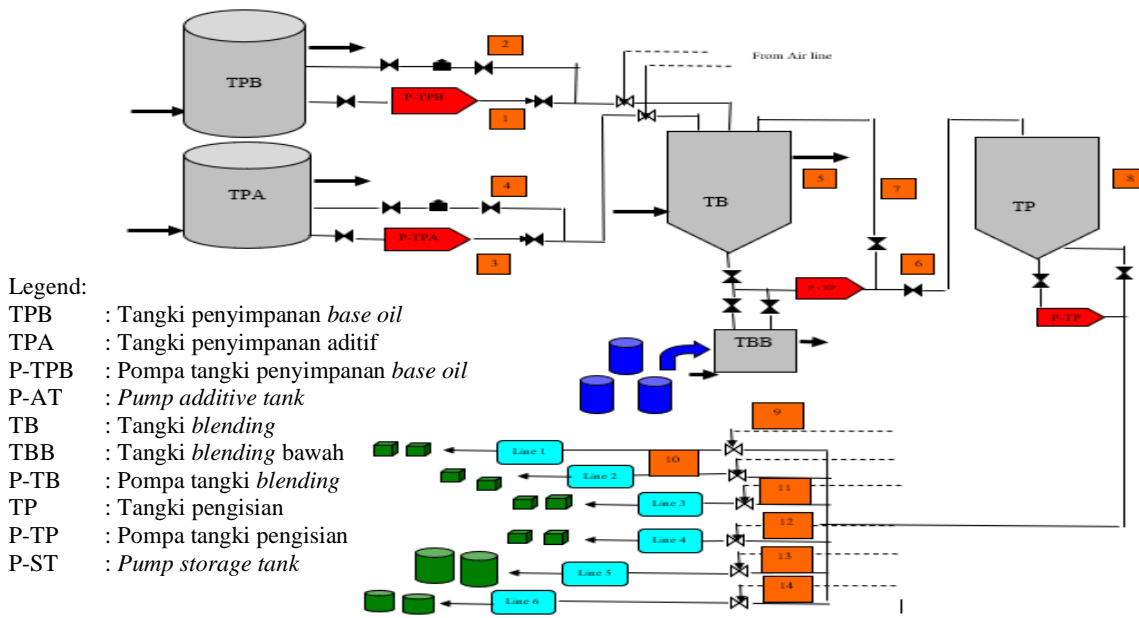
Pelumas pada umumnya diproduksi melalui proses pencampuran bahan baku *base oil* dan aditif di tangki pencampuran dengan komposisi suhu, dan kondisi pencampuran tertentu tergantung dari jenis pelumas yang akan diproduksi. Setelah itu dilakukan pencampuran menggunakan agitator dan sirkulasi dengan pompa sesuai dengan waktu standar pencampuran. Setelah itu dilakukan proses pengambilan sampel dari bagian atas dan bawah tangki pencampuran untuk dilakukan pengesanan kualitas pelumas di fasilitas laboratorium. Jika hasil analisis dari lab memenuhi standar spesifikasi, pelumas akan ditransfer ke tangki transit sebelum dilakukan proses pengisian, pelumas ditransfer dari tangki transit ke tangki suplai harian dan dilakukan pengecekan kualitas produk sebelum diisi ke dalam kemasan pertama. Fasilitas pencampuran dan pengisian memiliki alat-alat yang digunakan untuk melakukan proses produksi, diantaranya pipa, pompa, *manual/pneumatic valve*, *pressure release valve (PRV)*, *temperature control valve (TCV)*, tangki, agitator, *hot oil system*, *pressure gauge*, *pigging system*, *high level alarm (HLA)*, *high high-level alarm (HHLA)*. Keberadaan alat-alat tersebut dalam proses berperan untuk menyempurnakan proses produksi agar menghasilkan pelumas dengan kualitas standar dan aman. Sebagai contoh pompa dan agitator berfungsi untuk membantu proses pencampuran bahan dasar oli berupa *base oil* dan aditif, sedangkan TCV berfungsi untuk mengontrol *temperature setting* di tangki *blending* agar tidak terjadi *overheating* atau kelebihan panas yang masuk ke dalam tangki pencampuran.

Dalam rangkaian proses produksinya di fasilitas pencampuran dan pengisian memiliki bahaya-bahaya yang bisa terjadi dan menjadi risiko yang bisa berdampak negatif terhadap keamanan proses dan kualitas. Bahaya yang pertama adalah tumpahan oli yang terdapat pada proses-proses sebagai berikut: transfer *base oil* dan aditif dari tangki penyimpanan ke tangki pencampuran, menurunkan oli dari tangki pencampuran ke tangki pencampuran bawah, transfer oli dari tangki pencampuran ke tangki pengisian, transfer oli dari tangki pengisian ke tangki suplai harian. Bahaya yang kedua adalah kesalahan transfer bahan baku dan *finish oil* yang bisa menyebabkan kontaminasi silang yang terdapat pada proses-proses sebagai berikut: transfer *base oil* dan aditif dari tangki penyimpanan ke tangki pencampuran, penuangan aditif ke tangki pencampuran bawah, transfer oli dari tangki pencampuran ke tangki pengisian, transfer oli dari tangki pengisian ke tangki suplai harian. Bahaya yang ketiga adalah *overheating* atau kelebihan panas saat proses pencampuran di tangki pencampuran. Bahaya yang keempat adalah *over pressure* atau kelebihan tekanan saat proses transfer *base oil*, aditif ataupun *finish oil*. Bahaya-bahaya yang teridentifikasi di atas bisa berpotensi terhadap pencemaran lingkungan dan kualitas produk yang diakibatkan oleh kegagalan sistem mendeteksi kesalahan saat terjadi proses produksi.

Untuk mencegah dan memitigasi terjadinya dampak dari risiko yang terjadi di Pabrik pelumas X diperlukan penerapan *process safety management* yang baik. *Hazard and operability (HAZOP)* adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bahaya dalam suatu proses atau operasi secara sistematis dengan cara menentukan apakah skenario penyimpangan dalam suatu proses dapat menimbulkan kejadian yang tidak diinginkan (Juniani, 2007). Metode ini menguji setiap tahapan proses secara terstruktur dan sistematis untuk melihat potensi bahaya dengan menggunakan serangkaian "*guide word*" dan potensi penyimpangan untuk mengidentifikasi bahaya dalam tahapan proses operasi. Langkah pertama dalam melakukan HAZOP adalah dengan melakukan analisis persiapan, menentukan objek, tujuan dan lingkup dari analisis, mengumpulkan data, membuat tim HAZOP, dan membuat rencana pertemuan untuk melakukan HAZOP. Langkah kedua adalah mengadakan pertemuan HAZOP untuk melakukan penentuan node sebagai titik studi yang berasal dari pemisahan unit proses menjadi beberapa bagian agar proses studinya menjadi lebih terorganisir. Selanjutnya ditentukan skenario penyimpangan parameter proses yang ada di node tersebut; penyebab kemungkinan terjadinya penyimpangan pada titik studi setelah itu akan ditetapkan kemudian menetapkan konsekuensi yang merupakan akibat yang terjadi dari suatu kejadian yang biasanya berupa kerusakan properti, kecelakaan kerja, dan lain-lain kemudian dilihat *safeguard* yang merupakan usaha perlindungan berupa desain dan parameter operasi yang bisa mengurangi frekuensi kejadian atau memitigasi konsekuensi yang terjadi dan jika masih ada diperlukan usaha perlindungan yang lain maka ditetapkan rekomendasi. Rekomendasi merupakan saran yang diberikan untuk desain atau perubahan kondisi operasi untuk mengurangi risiko yang terjadi (Dai-han Xia, et al., 2019).

Selain HAZOP, metode lain yang bisa digunakan pada *process safety management* adalah *layer of protection analysis (LOPA)*. LOPA adalah metode yang digunakan dalam melakukan penilaian risiko yang menunjukkan kecukupan lapisan perlindungan secara kualitatif dan kuantitatif (Keneth, 2010). Secara konseptual, LOPA digunakan untuk memahami bagaimana terjadinya penyimpangan dalam proses dapat menyebabkan terjadinya konsekuensi yang membahayakan jika tidak diinterupsi oleh adanya *safeguard* yang berfungsi dengan baik. *Safeguard* disebut juga dengan *independence protection layer (IPL)*.

Penggunaan metode integrasi antara HAZOP dan LOPA telah digunakan oleh Xia, et al. (2019). Penggunaan integrasi kedua metode proses *safety* tersebut mempunyai tujuan untuk memperbaiki akurasi analisis risiko di industri keselamatan dan kualitas saat melakukan proses produksi di pabrik pelumas X.



Gambar 1. Process flow diagram proses pembuatan pelumas

Dalam penelitian ini akan dilakukan evaluasi terhadap tingkat risiko yang mungkin terjadi di pabrik pelumas X dengan cara melakukan re-HAZOP terhadap fasilitas Pencampuran & Pengisian dan mengintegrasikannya. Hasil akhirnya berupa rekomendasi aksi preventif untuk mencegah terjadinya kejadian yang sama serta analisis ekonomi dalam implementasinya.

## 2. METODE

### 2.1 Alat

Untuk melakukan kajian HAZOP maka diperlukan data-data yang mendukung proses kajian. Data-data yang diperlukan seperti diagram alir proses (PFD), piping & instrument diagram (P&ID), risk assessment, dan near miss risk (NMR). Diagram alir proses sangat diperlukan untuk memahami aliran proses produksi secara umum pada proses pencampuran dan pengisian sehingga bisa menentukan mulai awal dan akhir dari node yang akan dilakukan kajiannya. Gambar P&ID sangat diperlukan untuk mengidentifikasi instrumen yang terdapat di setiap tahapan proses serta memahami fungsi serta perannya di proses produksinya. Data profil kajian risiko secara umum di proses pencampuran dan pengisian (risk assessment) sangat diperlukan untuk melihat kajian risiko sebelum dilakukan HAZOP sebagai kondisi awal proses yang didasarkan oleh "existing safeguard" yang pada akhirnya akan dibandingkan profilnya secara kuantitatif dengan setelah kajian HAZOP. NMR dari segi safety dan kualitas pada proses pencampuran dan pengisian diperlukan untuk melihat kondisi aktual kejadian kondisi yang hampir menyebabkan terjadinya kecelakaan atau kegagalan proses yang bisa berdampak terhadap keamanan dan kualitas dari proses sehingga dapat diambil pembelajarannya saat kajian HAZOP untuk diberikan rekomendasi agar kejadian yang sama tidak terulang kembali. Data proses pencampuran dan

pengisian untuk safety operating limit (SOL) dan safety design limit (SDL), pump flow rate, temperatur proses, kapasitas tangki penyimpanan bahan baku, tangki pencampuran dan pengisian. Data ini berguna untuk menunjang kegiatan HAZOP saat melakukan kajian tentang proses terkait penetapan posisi safety device misalnya HLA (high level alarm) & HHLA (high high level alarm) di dalam tangki pencampuran ataupun tangki pengisian (gambar 1).

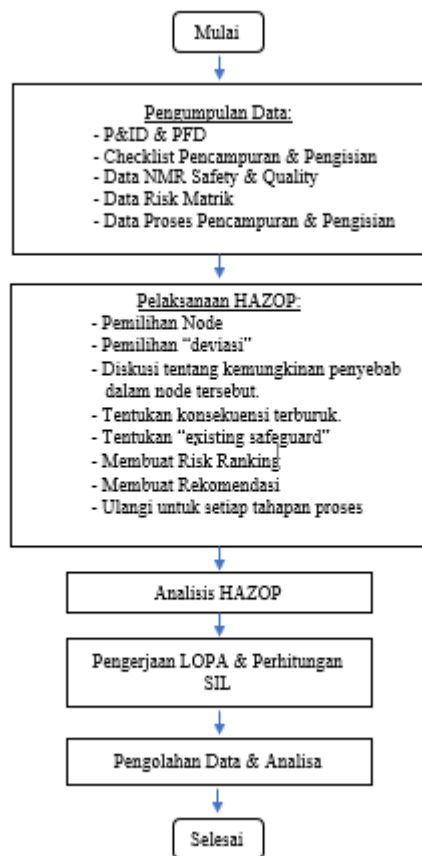
### 2.2 Kajian HAZOP-LOPA

Secara singkat metodologi kajian integrasi HAZOP-LOPA dapat dijelaskan dengan diagram alir pada Gambar 2. Pelaksanaan kajian integrasi HAZOP-LOPA dilakukan dengan mengikuti tahapan proses di bawah ini sesuai dengan urutan langkah-langkah dalam melakukan kajian HAZOP adalah sebagai berikut:

#### 2.2.1 Pemilihan node

Node adalah titik studi yang berasal dari pemisahan unit proses menjadi beberapa bagian agar proses studinya menjadi lebih terorganisir. Pemilihan node akan diawali dari mulai terjadinya proses pencampuran dan pengisian sampai ke akhir proses. Pemilihan node meliputi:

- Base oil transfer dari tangki penyimpanan bahan baku ke tangki pencampuran.
- Transfer oli dari tangki pencampuran ke tangki pencampuran bawah.
- Pemanasan tangki pencampuran menggunakan PLC.
- Transfer dari tangki pencampuran ke tangki transit
- Transfer dari tangki transit ke tangki suplai harian.



**Gambar 2.** Metode kajian integrasi HAZOP-LOPA

### 2.2.2 Pemilihan skenario penyimpangan deviasi

Pemilihan deviasi menggunakan kata panduan yang relevan dengan kondisi proses misalnya laju, tekanan, material, kuantitas, level, *overload of motor*, *DCS hardware*, dan lain-lain. Setiap node akan dilakukan HAZOP berdasarkan kata panduan yang tepat.

### 2.2.3 Analisis penyebab deviasi dalam node

Analisis tentang kemungkinan penyebab dalam node dilakukan melalui diskusi dengan tim dari produksi, *engineering*, dan lab. Penyebab kemungkinan terjadinya penyimpangan proses kemudian diidentifikasi berdasarkan kata panduan yang digunakan. Faktor penyebab bisa timbul dari berbagai hal misalnya kegagalan peralatan, *line up* pipa yang salah, pekerja yang kurang kompeten, SOP (*standard operating procedure*) serta WI (*work instruction*) yang kurang mencukupi semua hal, dan lain-lain.

### 2.2.4 Penentuan konsekuensi yang terjadi

Berdasarkan kata panduan dan faktor penyebab yang mungkin terjadi serta bahaya yang ditimbulkan, kemungkinan potensi konsekuensi yang akan terjadi jika penyimpangan terhadap proses itu terjadi yang bisa menyebabkan kerugian pada perusahaan ditetapkan.

### 2.2.5 Penentuan existing safeguard

Tahapan ini mengidentifikasi *existing safeguard* yang ada dan berlaku pada kondisi proses saat ini untuk mencegah atau mengurangi dampak

yang terjadi jika penyimpangan terhadap proses terjadi.

### 2.2.6 Penyusunan peringkat risiko

Tahapan ini membuat tingkatan risiko menjadi kuantitatif dengan angka dimana risiko adalah kombinasi antara frekuensi kemungkinan terjadinya hal tersebut dengan tingkat keparahannya.

### 2.2.7 Perumusan rekomendasi

Tahapan ini mengidentifikasi apakah *existing safeguard* yang ada cukup untuk melakukan pencegahan sehingga tidak terjadi konsekuensi akibat penyimpangan yang terjadi. Jika setelah penelaahan oleh tim diperlukan tambahan aksi maka dibuat rekomendasinya.

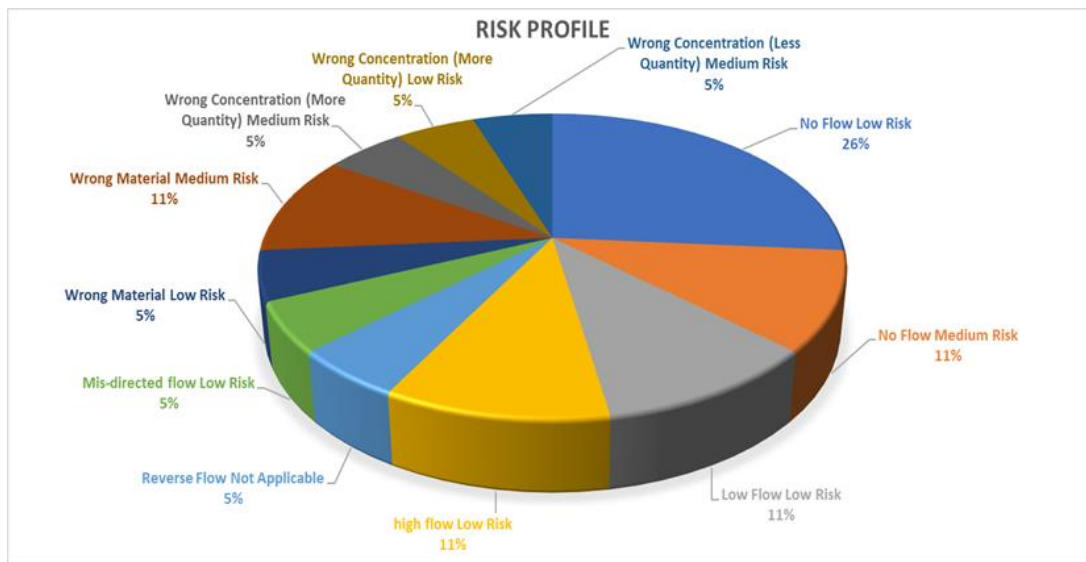
### 2.2.8 Ulangi untuk setiap tahapan proses

Tahapan yang telah dilakukan dari awal sampai perumusan rekomendasi dilakukan ulang untuk setiap tahapan proses.

### 2.2.9 Analisis HAZOP, pengerjaan LOPA, dan perhitungan SIL

Data output yang diperoleh secara dari kajian HAZOP akan diolah secara kualitatif untuk dijadikan masukan pada proses LOPA. LOPA merupakan metode yang digunakan untuk menilai kecukupan *layers of protection* dalam melakukan upaya pencegahan dan mitigasi risiko dalam suatu proses integrasi HAZOP-LOPA data skenario awal dari HAZOP sebagai penyebab awal di dalam pengerjaan LOPA.

Setelah itu melakukan LOPA dengan menetapkan *acceptable risk criteria* kemudian menetapkan *probability initiating event frequency* serta kondisi penyebab penyimpangan, dan konsekuensi yang mungkin terjadi. Selanjutnya mengidentifikasi IPL (*independence protection layer*) yaitu lapisan pelindung berupa alat, sistem, dan tindakan yang dapat mencegah skenario berproses menjadi konsekuensi yang tidak diharapkan dari *initiating event* dan menetapkan PFD (*probability failure demand*) dari setiap IPL dan menghitung *overall consequences frequency* untuk dibandingkan dengan *acceptable risk criteria* serta menghitung SIL untuk SIF. Langkah yang pertama dilakukan dalam melakukan LOPA adalah mengidentifikasi konsekuensi yang ada dalam dokumen analisis bahaya, kemudian memilih dan mengembangkan skenario pengembangan atau lanjutan dari penyimpangan proses hingga menjadi *impact event*, termasuk menetapkan hal yang menyebabkan terjadinya penyimpangan proses. Selanjutnya mengidentifikasi *initiating cause* dan menetapkan IPL serta memperkirakan PFD dari setiap IPL. Langkah yang terakhir adalah menghitung nilai risiko skenario secara matematis dengan cara mengkombinasikan *consequence, initiating event* dan



**Gambar 3.** Risk profile untuk node transfer *base oil* dari tangki penyimpanan bahan baku ke tangki pencampuran

IPL serta menetapkan nilai SIL dan melakukan target risiko.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh melalui analisis HAZOP dapat digambarkan menjadi Gambar 3, dimana terdapat beberapa skenario penyimpangan dari parameter proses yang dikategorikan *medium risk* yang memerlukan rekomendasi untuk menurunkan tingkat risikonya menjadi *low risk*.

Risiko yang ada dalam proses pembuatan pelumas dapat berupa tumpahan oli, kontaminasi silang, *over pressure*, dan *overheating*. Untuk mengantisipasi hal tersebut, kajian risiko perlu dilakukan untuk mengidentifikasi risiko yang mungkin terjadi dan menentukan *safeguard* yang diperlukan untuk memitigasi risiko tersebut.

Salah satu metode yang paling sering digunakan adalah HAZOP untuk melakukan kajian risiko secara sistematis dengan cara menguji setiap tahapan proses untuk melihat potensi bahaya dengan menggunakan serangkaian kata panduan dan potensi penyimpangan untuk mengidentifikasi bahaya dalam tahapan proses operasi. Integrasi HAZOP dengan LOPA akan menjadikan analisis terhadap nilai kecukupan lapisan pelindung yang ada dapat dikuantifikasi secara semi kuantitatif melalui serangkaian perhitungan nilai OCF (*overall consequences frequency*) yang diperoleh dari perkalian nilai *initiating event frequency* (IEF) dengan nilai PFD setiap lapisan pelindung yang ada.

Dari nilai tersebut akan terlihat tingkatan keamanan setiap tahapan proses produksi dari segi keamanan maupun kualitas. Jika nilai PFD SIF masih lebih kecil dari 1 maka perlu ditambahkan lapisan pelindung tambahan untuk menurunkan PFD SIF pada tahapan proses tersebut sehingga nilai OCF < ARC dan pada akhirnya nilai PFD SIF lebih besar atau sama dengan 1 yang artinya proses tersebut menjadi lebih aman. Dalam studi ini, pada node 1 yaitu transfer *base*

*oil* dari tangki penyimpanan bahan baku ke tangki pencampuran untuk parameter proses laju dan material terdapat beberapa kemungkinan terjadinya kegagalan proses yang berpotensi untuk terjadinya dampak negatif dari segi keamanan maupun kualitas. Hal ini terlihat dengan kondisi sekarang dari nilai SIF dan SIL yang diperlukan untuk proses tersebut. Nilai OCF lebih besar dari ARC yang artinya lapisan pelindung yang ada masih kurang untuk mencapai nilai risiko yang diterima dan diperlukan tambahan lapisan pelindung untuk menurunkan nilai OCF sehingga menjadi lebih kecil dari ARC dan SIL untuk SIF di atas nilai 1 dibandingkan dengan nilai ARC.

Sebagai contoh, dapat dilihat pada parameter proses *wrong material* di sistem sekarang dengan lapisan pelindung yang ada untuk mencegah terjadinya konsekuensi *batch failure* nilai OCF nya adalah  $1 \times 10^{-6}$  sedangkan nilai ARC adalah  $1 \times 10^{-8}$  sehingga nilai SIL untuk SIFnya adalah 0.01 dan SIL yang diperlukan untuk proses ini adalah 1 sehingga diperlukan tambahan lapisan pelindung dengan cara membuat *process recipe* sebagai satu siklus penuh proses *blending* untuk menurunkan nilai PFD sebesar 0,01 sehingga akan menurunkan nilai OCF menjadi  $1 \times 10^{-8}$  sehingga nilai SIL untuk SIF menjadi 1 dan jika nilai PFD SIF lebih besar atau sama dengan 1 maka SIL tidak diperlukan lagi dan proses bisa dikategorikan sebagai proses yang aman.

### 4. KESIMPULAN

Peningkatan level keamanan proses dalam suatu rangkaian proses produksi sangat diperlukan untuk menghindari kerugian yang mungkin timbul akibat terjadinya kegagalan proses yang bisa menimbulkan kerugian secara ekonomi ataupun reputasi dari suatu industri, dalam hal ini industri minyak pelumas. Cara yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan *review* secara menyeluruh terhadap setiap tahapan proses produksi dengan menggunakan metode kajian HAZOP

yang diintegrasikan dengan LOPA untuk menentukan apakah proses produksi tersebut memerlukan penambahan lapisan pelindung (IPL) atau sudah cukup dengan *existing safeguard*.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Dai-han Xia, Li-jing Zhang, Gang Tao, Yun-ting Xu (2019). Process Safety Analysis of Hydrogen Fluoride Production Unit Based on HAZOP-LOPA. College of Safety Science and Engineering, Nanjing Tech University, China.
- Dennis P. Nolan. Fourth Edition, (2015) Safety and Security Review for the Process Industries, 5, (17).
- Dowel, Arthur M. (1998). Layer of Protection Analysis for Determining Safety Integrity Level. ISA Transaction, 37, 155-156. United States of America: Elsevier Science Ltd.
- Henry Prasetyo, (2016). Studi HAZOP berbasis ANFIS Layer of Protection Analysis pada rotary Kiln. PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban. Program Magister Bidang Keahlian Rekayasa Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Geneva: International Electrotechnical Commission.
- IEC 61508 (2010). Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related System, part 1-7. Geneva: International Electrotechnical Commission.
- IEC 61511 (2003). Functional safety -safety instrumented systems for process industry.
- Iraj Alimohamdadi, Majid Jalilian, Mansour Nadi (2014). Determination of Safety Integrity Level (SIL) using LOPA Method in the Emergency Shutdown System (ESD) of Hydrogen Unit. School of Public Health, Occupational Health Research Center, Iran University of Medical Science.
- Lassen, C. A. (2008). Layer of Protection Analysis (LOPA) for Determination of Safety Integrity Level (SIL). Master Project. Department of Production and Quality Engineering. The Norwegian University of Science of Technology Snaroya.
- Macfradisfe, D.A (2007). Safety Instrument System in process safety for increased safety integrity level. Departement of Chemical Engineering Illinois University California.
- Mey Rohma Dhani, (2014). Studi HAZOP pada fasilitas pendukung distribusi BBM berbasis Fuzzy-Layer of Protection Analysis (FLOPA) di Instalasi Surabaya Group. PT. Pertamina Tanjung Perak. Program Magister Bidang Keahlian Rekayasa Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Nawaz Muhammad, (2013). Data Transfer from HAZOP to LOPA, Summer Placement at Jacob Process. RMIT University.
- Ronald J. Willey, (2014). International Symposium on Safety Science and Technology, Layer of Protection Analysis. Procedia Engineering. Department of Chemical Engineering Northeastern University, Boston, Mass, 02115. USA.
- Roy E. Sanders, (1999) Chemical Process Safety Learning from Case Histories, Appendix B, (284).
- Stefanny Paola Figueroa Jimenez, Stefany Carolina Lombana Carmona, Ingrid Raquel Ruiz De La Cruz (2015). Application of HAZOP, LOPA and SIL to the alkylation unit catalyzed with hydrofluoric acid at Ecopetrol Refinery in Cartagena - Colombia. Texas A&M University.
- Trevor Kletz, fourth edition, (1999) HAZOP and HAZAN Identifying and assessing process industry hazard, 2.1, (11).
- Wiley, (2014). Guidelines for Initiating Event and Independent Protection Layers, New York.
- Wong Sin Huat, Hazard Identification Training Module, Pabrik Pelumas 2006, (24, 44-45).