

## ANALISIS EFEKTIVITAS KESELAMATAN KERJA PADA PROSES SEKSI SINTESA PRODUKSI UREA

Kecia Watmanlussy<sup>1\*</sup>, Asa Aditya Persada<sup>1</sup>, Teguh Selamat Aprianto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Pengolahan Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah Mada 38, Cepu, Blora, 58315

\*E-mail: [kwatmanlussy@gmail.com](mailto:kwatmanlussy@gmail.com)

### ABSTRAK

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah serangkaian upaya yang dilakukan untuk menjamin dan melindungi keselamatan serta kesehatan pekerja di lingkungan kerja. Penerapan K3 bertujuan untuk mencegah kecelakaan kerja, penyakit akibat kerja, serta menciptakan lingkungan kerja yang aman dan nyaman bagi pekerja. Prinsip utama K3 meliputi identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan penerapan tindakan pengendalian untuk meminimalisir risiko tersebut. Analisis efektivitas keselamatan kerja dilakukan untuk menilai seberapa sukses program keselamatan yang diterapkan dalam mengurangi insiden kecelakaan kerja. Analisis ini meliputi penilaian penerapan prosedur keselamatan, pelatihan keselamatan kerja, penggunaan alat pelindung diri (APD), dan kepatuhan terhadap standar keselamatan yang berlaku. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Anderson dan Bollinger (2016), evaluasi keselamatan kerja yang efektif harus melibatkan analisis data kecelakaan, inspeksi rutin, dan survei kepuasan karyawan terkait dengan program keselamatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengidentifikasi potensi risiko keselamatan kerja pada proses seksi sintesa produksi urea serta mengembangkan strategi optimalisasi untuk mengurangi risiko tersebut. Metode yang digunakan mencakup analisis risiko dengan pendekatan atau Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengantisipasi potensi kegagalan dalam suatu sistem, proses, atau produk, serta mengevaluasi dampak (efek) dari kegagalan tersebut. FMEA digunakan untuk memperbaiki desain atau proses guna mengurangi risiko kegagalan dan meningkatkan keandalan serta keselamatan. Implementasi strategi ini dapat meningkatkan tingkat keselamatan kerja secara signifikan, meminimalkan risiko kecelakaan, dan memastikan keberlangsungan operasional produksi urea yang aman dan efisien.

**Kata kunci:** Keselamatan kerja, Analisis Risiko, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), Proses Produksi Urea

### 1. PENDAHULUAN

Di era modern, industri bersaing ketat untuk mempertahankan pangsa pasar dan memenuhi standar mutu internasional. Kemajuan teknologi dan mesin berteknologi tinggi menuntut industri untuk menghadirkan produk baru guna memenuhi kebutuhan konsumen, sehingga banyak industri yang lebih memilih mesin daripada tenaga manusia. Perkembangan industri yang pesat ini juga membutuhkan energi yang cukup besar, terutama di negara berkembang, sehingga mendorong para pelaku bisnis untuk bersaing dalam meningkatkan produktivitas dari segi sumber daya manusia, waktu, dan produksi. Industrialisasi di Indonesia telah mendorong pertumbuhan berbagai sektor, yang mendukung penggunaan teknologi, peralatan, mesin, dan berbagai material untuk menghasilkan produk atau layanan yang kompetitif. Namun, kemajuan ini juga memicu berbagai masalah Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3), seperti meningkatnya bahaya, potensi risiko, serta kecelakaan dan penyakit akibat kerja. [1]

Kesehatan dan keselamatan kerja ditujukan untuk melindungi semua potensi bahaya di tempat kerja guna menjamin keselamatan dan kesehatan karyawan dan orang lain. Bahaya dapat timbul dari mesin, lingkungan kerja, sifat pekerjaan, proses kerja, dan metode produksi. Jika

K3 tidak terjamin di suatu perusahaan, hal itu dapat mengakibatkan konsekuensi yang merugikan bagi karyawan dan perusahaan. [2]

PT K merupakan industri petrokimia yang memproduksi pupuk, yang terdiri dari tiga unit pabrik, yaitu Pabrik Amoniak, Pabrik Urea, dan Pabrik Utilitas. Berdasarkan data *International Fertilizer Industry Association* (IFA) pada Juni 2014, kebutuhan pupuk dunia pada tahun 2013 sebesar 111,3 MT dan diprediksi meningkat menjadi 119,5 MT pada tahun 2018. Meningkatnya kebutuhan pupuk tersebut selain membutuhkan bahan baku yang lebih banyak, proses kerja permesinan, dan pembangunan pabrik baru untuk memenuhi permintaan pasar, juga menimbulkan risiko kecelakaan kerja di industri tersebut. [3]

Urea merupakan salah satu pupuk nitrogen yang paling umum digunakan di bidang pertanian. Bentuknya berupa butiran kristal berwarna putih dan memiliki kandungan nitrogen yang sangat tinggi, sekitar 46% beratnya. Urea di PT K diproduksi menggunakan proses ACES 21, yang merupakan teknologi proses pembuatan urea yang merupakan proses terbaru dari Toyo Engineering Corp (TEC) dengan bahan baku berupa CO<sub>2</sub> dan NH<sub>3</sub>. Pabrik urea terbagi dalam beberapa bagian yang saling berhubungan, yaitu Seksi Kompresi CO<sub>2</sub> dan NH<sub>3</sub>, Seksi Sintesa Seksi Purifikasi [4]

Dalam proses produksinya, PT. K bahan baku yang digunakan dalam proses produksi ammonia dan urea berupa gas alam, uap air, dan udara yang diproses pada suhu dan tekanan tinggi, sehingga hal dapat menimbulkan risiko kecelakaan jika tidak diperhatikan dengan baik. Pabrik Urea merupakan salah satu dari tiga jenis pabrik yang mengolah NH<sub>3</sub> dan CO<sub>2</sub> menjadi urea, sedangkan Bagian Sintesis merupakan tahap pertama dalam proses produksi pabrik urea, mengolah amonia dan karbon dioksida menjadi urea menggunakan suhu dan tekanan tinggi. [5]

Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya keselamatan kerja, analisis, evaluasi dan optimalisasi sistem keselamatan menjadi kebutuhan mendesak untuk mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan efisiensi operasional [6]. Dengan adanya perkembangan teknologi dan metode analisis risiko, seperti *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), peluang untuk mengidentifikasi dan memitigasi risiko pada tahap awal semakin terbuka lebar. [7]

## **2. METODE**

Seksi Sintesa merupakan titik kritis dalam proses produksi urea karena kondisi operasional yang ekstrim dan potensi bahaya yang tinggi. Menganalisis titik kritis dalam suatu proses memerlukan penggunaan pendekatan atau metode yang memadai dan jelas untuk menilai risiko potensi kecelakaan dan memberikan antisipasi atau rekomendasi. Pendekatan atau metode seperti *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi kecelakaan yang tidak terlihat. [8]

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan dalam suatu sistem, produk, proses, atau layanan. Dalam FMEA, setiap kegagalan dianalisis untuk menentukan dampaknya terhadap sistem secara keseluruhan dan akar penyebabnya, sehingga tindakan pencegahan atau perbaikan yang tepat dapat diambil sebelum kegagalan terjadi. [9]

Tahapan penyusunan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah, Mengidentifikasi proses yang akan dianalisis, Menentukan mode kegagalan, Menganalisis efek kegagalan, Menentukan penyebab kegagalan, Menentukan tingkat keparahan, frekuensi, dan kemungkinan deteksi (Severity (Keparahan), Kejadian (Frekuensi), dan Deteksi (Kemungkinan Deteksi)), Menghitung Risk Priority Number (RPN) dan Penerapan tindakan perbaikan. [10]

### 3. PEMBAHASAN

#### A. Identifikasi Bahaya dan Risiko pada Seksi Sintesa

Untuk mengetahui potensi bahaya apa saja yang dapat terjadi pada proses urea di seksi sintesa tentunya harus melakukan Identifikasi potensi bahaya pada seksi sintesa urea untuk mengetahui beberapa risiko utama pada peralatan dan pekerja. Pada peralatan, bahaya utama meliputi overpressure pada reaktor dan kebocoran gas amonia dari sistem perpipaan. Sedangkan pada pekerja, risiko utama adalah paparan gas amonia yang dapat menyebabkan gangguan pernapasan jika APD tidak digunakan secara benar. Untuk mengidentifikasi bahaya yang ada pada seksi sintesa maka perlu menggunakan Metode atau pendekatan seperti *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada proses urea terhadap kondisi operasional dan pekerja, terdapat beberapa potensi bahaya yang teridentifikasi dibagi menjadi dua yang dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 di bawah ini.

**Tabel 1. FMEA Pada Peralatan Operasi**

<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>SEV</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>OCC</i>	<i>DET</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Actions</i>
Overpressure di Reaktor (DC-101)	Kerusakan reaktor, penurunan konversi CO2	8	Malfungsi pengendali tekanan, laju umpan yang tinggi	3	3	72	Perawatan rutin PCV, pemantauan tekanan, pemasangan katup pelepas tekanan
Overheating di Reaktor	Peningkatan laju korosi, pembentukan biuret, degradasi peralatan	7	Pengendalian suhu yang salah,	4	3	84	Pemantauan suhu secara <i>real-time</i>
Korosi pada Pipa	Kebocoran, risiko tumpahan bahan kimia, bahaya lingkungan	9	Paparan suhu tinggi, CO2 dan NH3	4	2	72	Penggunaan material tahan korosi, pengujian ultrasonik secara rutin
Kegagalan Stripper (DA-101)	Penurunan efisiensi stripping CO2, penurunan hasil urea	7	Suhu tinggi, scaling	3	4	84	Penghilangan kerak, perawatan rutin, penggunaan penukar panas
Kebocoran pada Heat Exchanger	Kehilangan flu-ida pros- espenurunan efisiensi operasi	6	Siklus termal, pengelasan buruk	3	4	72	Inspeksi dan perawatan rutin penggunaan inhibitor korosi

**Tabel 2. FMEA Pada Pekerja**

<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>SEV</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>OCC</i>	<i>DET</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Actions</i>
Paparan Bahan Kimia (Amonia, CO2)	gangguan pernapasan, Terjadi Kematian	10	Kebocoran di reaktor atau pipa	3	3	81	Penggunaan APD (Alat Pelindung Diri) yang tepat, sistem deteksi gas, pelatihan tanggap darurat
Luka Bakar dari Suhu Tinggi	Cedera fisik, luka bakar	8	Kontak dengan peralatan panas	2	3	48	Penggunaan isolasi termal pada peralatan, pemasangan penghalang keselamatan
Pelepasan Tekanan Tinggi	Cedera akibat ledakan, kerusakan pendengaran	9	kegagalan katup	2	4	80	Pemasangan sistem pelepas tekanan, inspeksi katup secara rutin
Tergelincir dan Jatuh	Cedera fisik	8	Tumpahan bahan kimia, lantai basah	3	3	54	Pemeliharaan lantai yang baik, memastikan drainase yang tepat, pelatihan keselamatan
Kelelahan/ Stres	Penurunan perhatian, kesalahan manusia	7	Jam kerja yang panjang, lingkungan kerja bertekanan tinggi	4	3	84	Penyusunan jadwal kerja yang baik, program kesehatan mental

Catatan :

- *Severity* (Tingkat Keparahan) : Skala dari 1 (rendah) sampai 10 (tinggi).
- *Occurence* (Kemungkinan) : Skala dari 1 (sangat jarang) sampai 10 (sangat mungkin).
- *Detection* (Deteksi) : Skala dari 1 (mudah terdeteksi) sampai 10 (sulit terdeteksi).
- *Risk Priority Number* (RPN) : Dihitung dengan mengalikan *Severity*, *Probabillity*, dan *Detection*.

## **B. Evaluasi Keselamatan Kerja Pada Proses Seksi Sintesa**

Evaluasi adalah adalah proses sistematis untuk menilai efektivitas implementasi program K3 dalam suatu perusahaan atau organisasi. Evaluasi ini melibatkan pengumpulan data, analisis, serta penilaian terhadap prosedur, kebijakan, dan praktik K3 yang ada untuk memastikan bahwa semuanya berjalan sesuai standar yang telah ditetapkan dan mencapai tujuan yang diinginkan.

Berikut adalah evaluasi keselamatan kerja berdasarkan FMEA untuk peralatan dan pekerja yang telah dijelaskan sebelumnya. Evaluasi ini menyoroti potensi bahaya dan langkah-langkah mitigasi yang perlu diambil untuk memastikan keselamatan operasional di pabrik sintesis urea.

### **a. Evaluasi Keselamatan Kerja Untuk Peralatan**

#### **1. Overpressure di Reaktor (DC – 101)**

- Bahaya : Tekanan yang melebihi batas dapat menyebabkan kerusakan pada reaktor, ledakan, atau pelepasan gas beracun seperti ammonia dan CO2.
- Evaluasi Keselamatan

Deteksi Awal : Sistem pressure controller harus selalu berfungsi dengan baik, dan perlu dilakukan inspeksi berkala untuk memastikan katup pelepas tekanan berfungsi normal.

Tindakan : Sistem alarm tekanan tinggi harus aktif, dan staf harus segera menghentikan operasi jika tekanan mendekati batas maksimum. Pelatihan darurat dan prosedur evakuasi juga diperlukan untuk mengantisipasi kejadian ekstrem.

2. *Overheating* di Reaktor

➤ Bahaya : Suhu tinggi dapat menyebabkan korosi pada peralatan, pembentukan biuret yang berbahaya, dan degradasi material yang meningkatkan risiko kebocoran.

➤ Evaluasi Keselamatan

Pemantauan Suhu : Sistem pemantauan suhu real-time harus dipasang untuk mengidentifikasi kenaikan suhu sebelum mencapai tingkat berbahaya.

Tindakan : Jika suhu mencapai batas kritis, sistem pendinginan darurat harus diaktifkan. Petugas operator harus diberikan pelatihan untuk mengatasi kondisi suhu abnormal.

3. Korosi pada Pipa

➤ Bahaya : Kebocoran pipa yang disebabkan oleh korosi dapat mengakibatkan tumpahan bahan kimia berbahaya, yang dapat mencemari lingkungan atau menyebabkan luka bakar kimia pada pekerja.

➤ Evaluasi Keselamatan :

Pemantauan Berkala : Pipa yang membawa gas atau cairan berbahaya harus menjalani inspeksi korosi secara berkala menggunakan metode seperti pengujian ultrasonik.

Tindakan : Penggunaan bahan tahan korosi seperti stainless steel atau material khusus lainnya perlu diprioritaskan. Jika korosi terdeteksi, segera lakukan penggantian bagian yang terdampak.

4. Kegagalan Stripper (DA – 101)

➤ Bahaya : Stripper yang gagal berfungsi dapat menurunkan efisiensi produksi urea dan meningkatkan risiko pembentukan senyawa berbahaya yang tidak terdekomposisi dengan baik.

➤ Evaluasi Keselamatan :

Pemeliharaan Rutin : Stripper perlu dilakukan inspeksi secara berkala untuk memastikan tidak ada scaling (pengapuran) yang menghambat proses stripping.

Tindakan : Jika stripping tidak efektif, operasi harus dihentikan dan alat diperiksa secara menyeluruh. Pelatihan operator dalam penanganan kondisi ini juga sangat penting.

5. Kebocoran pada Heat Exchanger

➤ Bahaya : Kebocoran pada heat exchanger dapat menyebabkan hilangnya fluida proses atau menyebabkan pencampuran bahan kimia berbahaya yang dapat merusak peralatan atau membahayakan keselamatan pekerja.

➤ Evaluasi Keselamatan :

Inspeksi Berkala : Heat exchanger harus diperiksa secara berkala untuk mendeteksi potensi kebocoran atau kerusakan pada material.

Tindakan : Pemasangan sistem deteksi kebocoran dan penggunaan material tahan panas serta korosi harus menjadi prioritas. Jika kebocoran terdeteksi, operasi harus dihentikan sementara untuk perbaikan.

**b. Evaluasi Keselamatan Kerja untuk Pekerja**

1. Paparan Bahan Kimia (Ammonia, CO<sub>2</sub>)

➤ Bahaya : Paparan gas amonia atau CO<sub>2</sub> yang bocor dapat menyebabkan luka bakar pada kulit, gangguan pernapasan, atau bahkan kematian jika tidak segera ditangani.

- Evaluasi Keselamatan :  
Deteksi Gas : Sistem deteksi gas beracun harus dipasang di seluruh area berisiko.  
Tindakan pencegahan meliputi penggunaan masker gas dan ventilasi yang baik.  
Tindakan : Semua pekerja harus dilengkapi dengan Alat Pelindung Diri (APD) yang tepat seperti masker, sarung tangan, dan pakaian pelindung. Pelatihan tanggap darurat dan prosedur evakuasi harus disosialisasikan secara berkala.
- 2. Luka Bakar dan Suhu Tinggi
  - Bahaya : Pekerja dapat mengalami luka bakar akibat kontak dengan peralatan yang bersuhu tinggi, seperti reaktor dan pipa panas.
  - Evaluasi Keselamatan :  
Isolasi Termal : Peralatan bersuhu tinggi harus diisolasi dengan bahan termal yang memadai untuk mencegah kontak langsung dengan pekerja.  
Tindakan : Pemasangan penghalang atau pagar pembatas di sekitar peralatan panas harus dilakukan. Pekerja juga harus diberikan pelatihan untuk mengenali risiko dan menjaga jarak aman dari sumber panas.
- 3. Pelepasan Tekanan Tinggi
  - Bahaya : Ledakan atau pelepasan tekanan tinggi akibat kegagalan katup dapat menyebabkan cedera serius atau bahkan kematian.
  - Evaluasi Keselamatan  
Relief Valve : Semua sistem yang bekerja di bawah tekanan tinggi harus dilengkapi dengan relief valve untuk menghindari ledakan akibat tekanan berlebih.  
Tindakan : Operator harus secara rutin memeriksa katup pelepas tekanan dan memastikan sistem alarm berfungsi. Pelatihan penggunaan alat pemadam api dan prosedur evakuasi harus dilakukan secara teratur.
- 4. Tergelincir dan Jatuh
  - Bahaya : Pekerja bisa tergelincir atau jatuh akibat tumpahan bahan kimia atau lantai yang basah, yang dapat menyebabkan cedera fisik.
  - Evaluasi Keselamatan :  
Kebersihan Lantai : Penting untuk menjaga kebersihan area kerja dan memastikan tidak ada bahan kimia yang tumpah di lantai.  
Tindakan : Protokol kebersihan area kerja harus diperketat, dan papan tanda bahaya harus dipasang di area yang basah atau licin. Pelatihan dasar mengenai keselamatan kerja juga penting untuk mengurangi risiko.
- 5. Kelelahan / Stres
  - Bahaya : Kelelahan dan stres dapat menurunkan tingkat konsentrasi pekerja, meningkatkan risiko kesalahan operasional yang dapat berujung pada kecelakaan.
  - Evaluasi Keselamatan :  
Jadwal Kerja : Shift kerja harus diatur dengan baik untuk menghindari kelelahan, dan waktu istirahat harus cukup.  
Tindakan : Perusahaan harus menyediakan program kesejahteraan pekerja, termasuk program kesehatan mental dan keseimbangan kerja-hidup. Pemantauan kondisi fisik dan psikologis pekerja secara berkala sangat penting

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan yang telah dilakukan, belum ada kecelakaan yang terjadi pada proses seksi sintesa pabrik urea. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa pabrik tersebut sudah berjalan sesuai dengan SOP yang berlaku dan para pekerjanya juga mematuhi peraturan yang berlaku dan ditetapkan yang mana pabrik ini layak untuk dijalankan dan akan sangat bagus untuk dijadikan role model, bagi pabrik yang lainnya. Namun pada evaluasi pabrik urea khususnya pada seksi sintesa yang mana merupakan jantung pabrik

ditemukan beberapa faktor penting yang harus dijaga dengan baik dan benar agar proses pabrik tetap berjalan dengan aman tanpa mengalami gangguan atau kecelakaan.

Berdasarkan metode FMEA, yang telah dihasilkan sejumlah risiko yang mempengaruhi keamanan operasi serta tindakan pencegahan, sebagaimana ditunjukkan pada tabel belum terjadi secara nyata, namun memerlukan tindakan pencegahan seperti penguatan pengawasan dan peningkatan pemahaman K3 bagi para pekerja melalui pelatihan. Tindakan pencegahan tersebut merupakan bagian dari upaya untuk memitigasi risiko bahaya kerja dan menjamin keselamatan kerja.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan dengan penelitian yang telah dilaksanakan, adapun kesimpulan yang didapat sebagai berikut :

1. Operasi pabrik urea yang melibatkan tekanan dan suhu tinggi, terutama pada reaktor, menghadirkan risiko seperti overpressure, overheating, dan korosi. Risiko tersebut dapat menyebabkan kerusakan peralatan, penurunan efisiensi produksi, serta kecelakaan serius bagi pekerja, termasuk paparan bahan kimia berbahaya, luka bakar, dan kecelakaan fisik seperti tergelincir atau ledakan.
2. Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di pabrik berjalan efektif, ditandai dengan tidak adanya kecelakaan fatal. Hal ini didukung oleh kepatuhan terhadap regulasi, penerapan prosedur operasional yang aman, pemantauan risiko secara berkala, serta pelatihan keselamatan rutin. Pekerja juga dilengkapi dengan alat pelindung diri (APD) yang sesuai, serta penggunaan teknologi pemantauan real-time untuk kondisi operasi.
3. Meski belum ada kecelakaan fatal, bukan berarti risiko sepenuhnya hilang. Pabrik perlu terus melakukan pencegahan dengan identifikasi potensi risiko melalui metode seperti *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) guna mengantisipasi dampak dan kejadian yang tidak diinginkan di masa mendatang.
4. FMEA merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan sistem, mengevaluasi dampaknya, dan mengantisipasinya. Melalui pemantauan yang konsisten, pemeliharaan berkala, serta penerapan prosedur keselamatan yang tepat, risiko kecelakaan dapat diminimalkan. Selain itu, pelatihan keselamatan yang berkelanjutan serta manajemen kesejahteraan pekerja, seperti pengelolaan stres dan kelelahan, sangat penting untuk menjaga konsentrasi dan keselamatan operasional.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baker, T., & Lewis, S. (2019). *Industrial Technology and Global Markets: Challenges and Opportunities*. New York: McGraw-Hill.
- [2] Aziz, A. (2014). *Manajemen Risiko dalam Industri*. Jakarta: Pustaka Mandiri
- [3] PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang. (2018). *Laporan Tahunan Keselamatan Kerja Pabrik Urea*. Palembang: PT. Pupuk Sriwidjaja.
- [4] International Labour Organization (ILO). (2014). *Global Estimates of Occupational Accidents and Work-Related Illnesses*. Geneva: ILO.
- [5] Brown, J., & Green, P. (2018). *Risk Management and Safety Optimization in Industrial Processes: The Role of FMEA*. New York: Industrial Press.
- [6] Notoatmodjo, S. (2011). *Kesehatan Masyarakat: Ilmu dan Seni*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [7] Ramli, S. (2010). *Manajemen K3 di Tempat Kerja: Konsep dan Implementasi*. Jakarta: Dian Rakyat.
- [8] Smith, R., & Johnson, P. (2020). *Chemical Process Safety: Fundamentals and Applications*. Boston: McGraw-Hill.

- [9] Brown, K., & Green, J. (2018). *Risk Management in Industrial Processes: HAZOP and FMEA Methodologies*. London: Wiley & Sons.
- [10] Baker, M., Johnson, K., & Lewis, S. (2019). *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) in High-Risk Industrial Processes*. Boston: McGraw-Hill.