

Integrated Approach of FMEA and RCA in Hazard Risk Management at PT XYZ Calibration Laboratory

Pendekatan Terintegrasi FMEA dan RCA dalam Manajemen Risiko Bahaya di Laboratorium Kalibrasi PT XYZ

Adyatma Nagata, Dira Ernawati

**Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jl. Rungkut Madya Surabaya 60294**

Email: nagatadyatma1403@gmail.com

Abstract - Calibration laboratories play an important role in ensuring the accuracy of measuring instruments used in various industries. However, operational activities in this laboratory are not free from risks, which can have an impact on operator safety and work efficiency. This case study conducted at the PT XYZ calibration laboratory aims to identify, analyze, and provide mitigation proposals for operational risks using an integrated Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Root Cause Analysis (RCA) approach. Data collection is done through direct observation and interviews with operators and laboratory leaders, followed by analysis using FMEA to determine risk priorities based on the Risk Priority Number (RPN) value. Furthermore, RCA through Ishikawa diagram was used to find the root causes of the main risks. The results identified two prioritized risks, namely electrocution and mental fatigue. Proposed mitigations include occupational safety training, periodic inspections, installation of dehumidifiers, workload adjustments, and application of the "5R (Cleanliness, Health, Safety, Order, and Beauty)" work principles. This case study demonstrates that the application of integrated methods can provide a comprehensive solution for managing operational risks in calibration laboratories. The outputs of this case study include practical recommendations to improve work safety and operational efficiency, which are expected to have a positive impact on the company in the long term.

Keywords: Calibration, FMEA, Manajemen Risiko, RCA

Abstrak - Laboratorium kalibrasi memiliki peran penting dalam memastikan akurasi alat ukur yang digunakan di berbagai industri. Namun, kegiatan operasional di laboratorium ini tidak terlepas dari risiko, yang dapat berdampak pada keselamatan operator dan efisiensi kerja. Studi kasus yang dilakukan di laboratorium kalibrasi PT XYZ ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan memberikan usulan mitigasi terhadap risiko operasional menggunakan pendekatan terintegrasi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Root Cause Analysis* (RCA). Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung dan wawancara dengan operator dan pimpinan laboratorium, diikuti dengan analisis menggunakan FMEA untuk menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Selanjutnya, RCA melalui diagram Ishikawa digunakan untuk menemukan akar-akar penyebab munculnya risiko utama. Hasil mengidentifikasi bahwa terdapat dua risiko prioritas, yaitu tersengat aliran listrik dan kelelahan mental. Usulan mitigasi meliputi pelatihan keselamatan kerja, inspeksi berkala, pemasangan *dehumidifier*, penyesuaian beban kerja, dan penerapan prinsip kerja 5R (Kebersihan, Kesehatan, Keselamatan, Ketertiban, dan Keindahan). Studi kasus ini menunjukkan bahwa penerapan metode terintegrasi dapat memberikan solusi komprehensif untuk mengelola risiko operasional di laboratorium kalibrasi. Luaran dari studi kasus ini mencakup rekomendasi praktis untuk meningkatkan keselamatan kerja dan efisiensi operasional, yang diharapkan dapat memberikan dampak positif bagi perusahaan dalam jangka panjang.

Kata Kunci: FMEA, Kalibrasi, Manajemen Risiko, RCA

1. PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur dan layanan kalibrasi, pengelolaan risiko menjadi elemen krusial untuk memastikan keselamatan kerja, kualitas produk, dan kepatuhan terhadap standar yang berlaku. Laboratorium kalibrasi memiliki peran penting dalam menjamin keakuratan alat

ukur yang digunakan dalam berbagai proses produksi serta pengendalian dan penjaminan mutu produk yang dihasilkan [1]. Namun, kegiatan operasional di laboratorium ini sering kali melibatkan potensi-potensi bahaya yang memerlukan perhatian khusus. Oleh karena itu, studi mendalam tentang manajemen risiko di

lingkungan laboratorium kalibrasi menjadi sangat relevan untuk dilakukan.

Seiring dengan tingginya tuntutan akurasi dan keamanan di laboratorium kalibrasi, terdapat berbagai risiko operasional yang dapat membahayakan operator. Risiko ini meliputi paparan terhadap bahan kimia, kesalahan prosedur dalam pengoperasian alat, hingga kemungkinan kecelakaan akibat kerusakan peralatan. Risiko tersebut tidak hanya mengancam keselamatan operator, tetapi juga dapat berdampak pada kualitas hasil kalibrasi dan reputasi perusahaan.

Manajemen risiko adalah proses sistematis untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan risiko yang dapat memengaruhi tujuan organisasi. Dengan membantu memahami ancaman dan peluang yang muncul dari ketidakpastian, manajemen risiko dapat melindungi perusahaan [2]. Dalam konteks laboratorium kalibrasi, penerapan manajemen risiko yang efektif dapat membantu perusahaan untuk mengantisipasi potensi bahaya, meminimalkan dampak kerugian, serta meningkatkan efisiensi dan efektivitas kerja.

Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Root Cause Analysis* (RCA) merupakan dua pendekatan yang sering digunakan dalam mengelola risiko. FMEA adalah metode proaktif yang berfungsi untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dalam suatu proses atau sistem, menganalisis dampaknya, dan menentukan prioritas tindakan mitigasi berdasarkan tingkat keparahan, kemungkinan terjadi, dan kemampuan deteksi risiko. Hasil FMEA berupa rekomendasi untuk meningkatkan keandalan tingkat keselamatan fasilitas, peralatan, dan sistem [3]. Sementara itu, RCA digunakan untuk mengidentifikasi akar-akar permasalahan dalam suatu sistem, yang kemudian diprioritaskan untuk penyelesaian masalah dengan menghasilkan rekomendasi keputusan dan kebijakan sebagai langkah mencegah kejadian serupa di masa depan [4]. Kombinasi kedua metode ini memungkinkan laboratorium kalibrasi untuk mengelola risiko secara lebih komprehensif, baik secara preventif maupun reaktif.

Studi kasus ini dilakukan karena risiko operasional yang tidak dikelola dengan baik dapat memiliki konsekuensi yang signifikan kepada perusahaan, baik secara finansial maupun non-finansial. Pengelolaan risiko terintegrasi memastikan bahwa data yang akurat dan dapat diandalkan diperlukan untuk setiap keputusan strategik yang diambil [5]. Diharapkan hasil dari studi kasus ini dapat meningkatkan

keselamatan kerja dan keandalan operasional laboratorium kalibrasi dengan menggunakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan memitigasi risiko.

Studi kasus dilakukan di suatu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur kapal dan menyediakan jasa kalibrasi alat ukur yang selanjutnya disebut sebagai PT XYZ. Perusahaan ini memiliki divisi khusus yang bertanggung jawab terhadap standarisasi, implementasi ISO, dan pengelolaan laboratorium kalibrasi listrik, tekanan, dan dimensi. Laboratorium tersebut menjalankan fungsi utama dalam mengkalibrasi alat ukur yang digunakan dalam proses produksi dan pemeliharaan.

Studi kasus ini menawarkan kebaruan dengan mengintegrasikan metode FMEA dan RCA secara komprehensif dalam mengelola risiko bahaya di laboratorium kalibrasi. Sebelumnya, telah terdapat beberapa metode terkait manajemen risiko dengan menggunakan FMEA atau RCA secara terpisah. Namun, penggabungan kedua metode ini untuk memberikan analisis yang lebih mendalam dan solusi yang lebih efektif belum banyak dijelajahi. Perbedaan utama dalam studi kasus ini terletak pada penerapan kedua metode tersebut secara terintegrasi dalam lingkungan laboratorium kalibrasi untuk perusahaan manufaktur yang memiliki spesifikasi unik. Solusi yang diusulkan dalam studi kasus ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi praktis kepada perusahaan untuk mengurangi potensi bahaya dan meningkatkan keselamatan operasional laboratorium kalibrasi.

Definisi Risiko dan Manajemen Risiko

Risiko adalah ketidakpastian tentang apa yang akan terjadi di masa depan dan dapat memengaruhi tujuan yang ingin dicapai. Adanya risiko merupakan tantangan bagi organisasi karena untuk meminimalisirnya memerlukan manajemen risiko yang baik. Manajemen risiko juga diperlukan untuk melindungi aset yang dimiliki organisasi. Selain itu, mengelola risiko merupakan peluang bagi organisasi untuk memanfaatkannya. Agar suatu perusahaan berfungsi dengan baik, manajemen risiko harus mengikuti standar yang sudah ditetapkan [6].

Manajemen risiko mencakup budaya, proses, dan struktur yang diterapkan secara efektif dalam sistem manajemen yang terorganisir dengan baik. Manajemen risiko merupakan proses yang dijalankan dalam sebuah perusahaan. Dalam konteks K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja), kerugian dapat muncul dari kejadian yang tidak diinginkan akibat aktivitas organisasi. Tanpa penerapan manajemen risiko,

perusahaan akan menghadapi ketidakpastian [7]. Manajemen risiko adalah pendekatan sistematis yang melibatkan identifikasi, analisis, penilaian, dan mitigasi risiko. Tujuan utama dari manajemen risiko adalah untuk meminimalkan kemungkinan kerugian serta memastikan kesinambungan operasional dan pencapaian target organisasi [2].

Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Salah satu metode penilaian risiko proaktif yang paling dikenal dan banyak digunakan di industri adalah metode FMEA. *Failure Mode* adalah kegagalan produk atau proses sesuai dengan fungsi atau penyebabnya, sedangkan *Effect Analysis* adalah menganalisis akibat dari setiap kegagalan. Oleh karena itu, FMEA adalah metode untuk mengidentifikasi semua kegagalan yang mungkin terjadi dalam proses rancangan dan/atau produksi hingga produk diproduksi, serta menganalisis konsekuensi dari setiap kegagalan [8]. FMEA berfokus pada pengenalan mode kegagalan, analisis dampaknya terhadap sistem, dan pengukuran tingkat risiko berdasarkan tiga parameter utama, yaitu tingkat keparahan (*severity*), kemungkinan terjadinya (*occurrence*), dan kemampuan mendeteksi (*detection*) [3]. Metode ini bertujuan untuk menentukan tindakan yang akan menghilangkan atau mengurangi risiko bahaya, terutama yang memiliki prioritas risiko tertinggi. Prioritas risiko ditentukan melalui nilai risiko yang dibentuk dalam bentuk *Risk Priority Number* (RPN), yang dibuat berdasarkan sejumlah faktor [8].

Metode Root Cause Analysis (RCA) dengan Ishikawa Diagram

Untuk memahami suatu kegagalan atau risiko kejadian, *Root Cause Analysis* merupakan teknik retrospektif yang umum digunakan. Metode ini memungkinkan penilaian yang lebih objektif dari rangkaian peristiwa yang menghasilkan titik akhir yang diberikan. Menguraikan *5-Why* dari suatu peristiwa yang terjadi adalah cara yang paling mudah untuk menganalisa penyebabnya [9].

RCA adalah pendekatan analisis untuk menemukan akar penyebab masalah yang mendasari suatu kejadian atau kegagalan. Salah satu alat yang sering digunakan dalam RCA adalah Ishikawa Diagram atau diagram tulang ikan (*fishbone diagram*). Diagram Ishikawa termasuk dalam diagram hubungan sebab-akibat yang mudah dibaca, sehingga membuat orang lebih cenderung menggunakan teknik ini untuk mengetahui penyebab masalah, meningkatkan

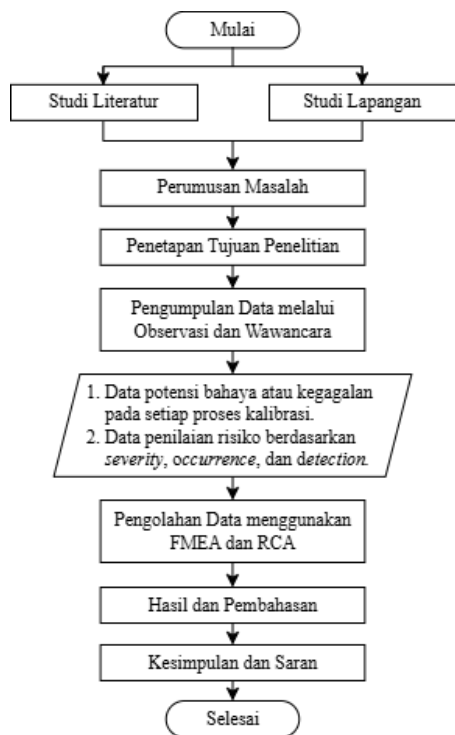
efisiensi, dan meningkatkan komunikasi internal dan eksternal [8]. *Ishikawa Diagram* membantu mengidentifikasi berbagai faktor penyebab dalam kategori utama seperti manusia, mesin, material, metode, lingkungan, dan pengukuran.

Definisi Kalibrasi

Kalibrasi merupakan serangkaian proses yang menghubungkan nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur, sistem pengukuran, atau bahan ukur, dengan nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dengan besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Proses kalibrasi diperlukan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan lebih konsisten, akurat, dapat dibuktikan kebenarannya, dan tertelusur ke sistem satuan internasional (SI). Hasil pengukuran yang tidak konsisten akan berdampak langsung pada kualitas produk dan dapat membahayakan bisnis dan pelanggan. Kalibrasi dapat dilakukan secara teratur (setiap kali digunakan, setiap tahun, atau dijadwalkan) selama periode waktu tertentu yang ditentukan oleh pengguna alat. Ini didasarkan pada frekuensi penggunaan alat, kegunaannya, dan fungsinya [1]. Secara ringkas, kalibrasi dilakukan untuk mengetahui apakah alat ukur berfungsi dengan baik atau apakah diperlukan perbaikan dan penyesuaian [10].

2. METODE PELAKSANAAN

Studi kasus ini menggunakan metode deskriptif kualitatif, yang bertujuan untuk menggambarkan dan menganalisis fenomena risiko bahaya di laboratorium kalibrasi secara rinci. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung pada proses kalibrasi dan wawancara terhadap operator dan pimpinan laboratorium. Data yang diperlukan yaitu daftar potensi kegagalan pada setiap proses kalibrasi. Data diolah menggunakan metode FMEA untuk memperoleh prioritas penanganan risiko tertinggi lalu dianalisis dengan metode RCA, diagram Ishikawa, untuk mengidentifikasi akar-akar penyebab utama dan merumuskan usulan mitigasi risikonya. Diagram alir (*flowchart*) studi kasus ditampilkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir (flowchart) penyelesaian masalah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan wawancara dan pengamatan langsung di laboratorium kalibrasi, didapatkan hasil potensi-potensi kegagalan untuk setiap proses kalibrasi yang dapat membahayakan operator seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Risiko/Kegagalan Proses

Kode	Failure Mode	Process
R01	Alat standar mengalami korosi	Persiapan lingkungan dan alat
R02	Terpapar gas atau cairan kimia berbahaya	
R03	Kelelahan fisik saat kerja	
R04	Kelelahan mental atau stres saat kerja	
R05	Terpapar suhu dingin dalam waktu lama	
R06	Terpapar radiasi panas dari mesin las dalam waktu lama	Proses Kalibrasi instrumen atau alat ukur
R07	Tersengat aliran listrik saat kerja	
R08	Tertimpa alat berat di area kerja	
R09	Terjatuh atau tergelincir di area kerja	
R10	Terluka akibat objek yang tajam saat kerja	
R11	Instalasi listrik mengalami korsleting hingga kebakaran	Faktor Eksternal

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Setelah daftar potensi kegagalan dibuat, selanjutnya didapatkan data tingkat keparahan, frekuensi kemungkinan terjadi, dan kemampuan mendeteksi dari masing-masing daftar potensi

kegagalan [9]. Untuk mempermudah penilaian, diperlukan sebuah kriteria penilaian untuk *severity*, *occurrence*, dan *detection*. *Severity* (S) menggambarkan besar dampak dari kegagalan yang terjadi [11]. Nilai ini berskala dari 1 hingga 5, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Penilaian Severity (S)

Nilai	Severity	Deskripsi
1	Tidak signifikan	Dampak dari kegagalan sangat kecil terhadap hasil dan keselamatan (operator tidak sampai kehilangan jam kerja).
2	Minor	Dampak dari kegagalan sedikit mempengaruhi hasil atau keselamatan (operator dapat kehilangan hingga 1 jam kerja).
3	Sedang	Dampak dari kegagalan mungkin mempengaruhi hasil serta menyebabkan cedera ringan (operator dapat kehilangan hingga 1 hari kerja).
4	Signifikan	Dampak dari kegagalan dapat menyebabkan gangguan pada hasil serta cedera berat (operator dapat kehilangan hingga 1 minggu kerja).
5	Kritis	Dampak dari kegagalan sangat parah dan menyebabkan kegagalan total sistem serta ancaman keselamatan pada operator.

Tingkatan *Occurrence* (O) suatu potensi kegagalan berkisar dari 1 hingga 5. Nilai 1 menunjukkan bahwa kejadian sangat tidak mungkin terjadi, dan nilai 5 menunjukkan bahwa kejadian tidak dapat dihindari [11], seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Penilaian Occurrence (O)

Nilai	Occurrence	Deskripsi
1	Sangat tidak mungkin	Kegagalan atau risiko hampir tidak mungkin terjadi (< 1 kali dalam setahun).
2	Tidak mungkin	Kegagalan atau risiko jarang terjadi dan hanya mungkin terjadi dalam kondisi tertentu (1-2 kali dalam setahun).
3	Mungkin	Kegagalan atau risiko mungkin terjadi dalam kondisi operasi normal (1-2 kali dalam sebulan).
4	Cenderung	Kegagalan atau risiko lebih sering terjadi (1-2 kali dalam seminggu).
5	Sangat mungkin	Kegagalan atau risiko hampir pasti terjadi setiap hari.

Nilai *Detection* (D) adalah nilai kontrol proses yang akan mendeteksi penyebab utama kegagalan secara khusus. *Detection* menunjukkan seberapa mungkin sebuah kegagalan dapat ditemukan [11], seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria Penilaian Detection (D)

Nilai	Detection	Deskripsi
1	Sangat mudah	Kegagalan atau risiko dapat langsung teridentifikasi sebelum terjadi.
2	Mudah	Kegagalan atau risiko dapat diidentifikasi sebelum terjadi dengan relatif mudah melalui prosedur rutin.
3	Sedang	Kegagalan atau risiko memerlukan upaya tambahan untuk terdeteksi.
4	Sulit	Kegagalan atau risiko sulit diidentifikasi sebelum terjadi dengan alat atau prosedur biasa, harus dilakukan pengamatan dan analisis.
5	Sangat sulit	Kegagalan atau risiko hampir tidak mungkin bisa terdeteksi sebelum terjadi.

Setelah mengetahui nilai masing-masing faktor, RPN dapat dihitung secara langsung dengan mengalikan ketiga nilai tersebut. Mode kegagalan dengan nilai tertinggi kemudian disusun berdasarkan prioritas dan ditemukan solusi yang paling sesuai [11]. Perhitungan RPN ditunjukkan pada Tabel 5.

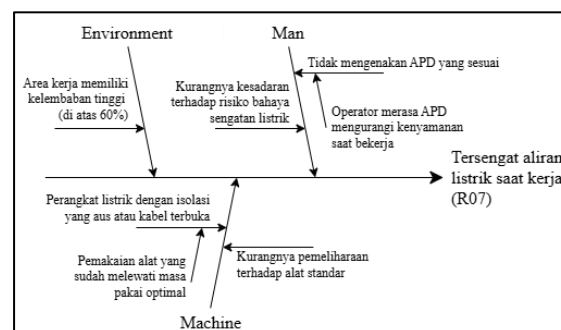
Tabel 5. Perhitungan Risk Priority Number

Kode	Failure Mode	S	O	D	RPN
R01	Alat standar mengalami korosi	3	1	4	12
R02	Terpapar gas atau cairan kimia berbahaya	2	4	2	16
R03	Kelelahan fisik saat kerja	2	4	2	16
R04	Kelelahan mental atau stres saat kerja	2	4	3	24
R05	Terpapar suhu dingin dalam waktu lama	2	5	1	10
R06	Terpapar radiasi panas dari mesin las dalam waktu lama	2	3	2	12
R07	Tersengat aliran listrik saat kerja	5	2	4	40
R08	Tertimpa alat berat di area kerja	2	2	2	8
R09	Terjatuh atau tergelincir di area kerja	2	2	2	8
R10	Terluka akibat objek yang tajam saat kerja	2	4	2	16
R11	Instalasi listrik mengalami korsleting hingga kebakaran	4	1	4	16
Total		28	32	28	178
Average		2,55	2,91	2,55	16,18
Nilai Krisis RPN Risiko					16,18

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan nilai rata-rata RPN yaitu sebesar 16,18 dimana menjadi nilai krisis risiko, sehingga perlu penanganan segera pada risiko dengan nilai RPN di atas 16,18. Risiko-risiko tersebut yaitu Tersengat aliran listrik pada saat bekerja (R07) dan Kelelahan mental atau stres saat kerja (R04). Risiko-risiko ini menjadi prioritas penanganan untuk merumuskan langkah mitigasi yang tepat.

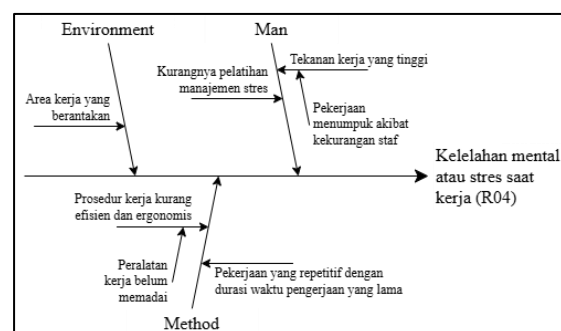
Root Cause Analysis (RCA)

Tindakan mitigasi dan perbaikan akan lebih mudah dirumuskan apabila sumber penyebab masalah sudah ditemukan [8]. Diagram Ishikawa menampilkan faktor-faktor penyebab terjadinya kegagalan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Fishbone diagram penyebab risiko R07

Berdasarkan diagram Ishikawa di atas, disajikan beberapa faktor penyebab terjadinya potensi kegagalan atau risiko tersengat aliran listrik saat kerja. Faktor-faktor tersebut yaitu pada faktor tenaga kerja (*man*), faktor peralatan atau mesin (*machine*), dan faktor lingkungan (*environment*).



Gambar 3. Fishbone diagram penyebab risiko R04

Berdasarkan diagram Ishikawa di atas, disajikan beberapa faktor penyebab terjadinya potensi kegagalan atau risiko kelelahan mental atau stres saat kerja. Faktor-faktor tersebut yaitu pada faktor tenaga kerja (*man*), faktor metode atau prosedur kerja (*method*), dan faktor lingkungan (*environment*).

Pembahasan

Usulan perbaikan dan mitigasi risiko dirumuskan sebagai langkah korektif sekaligus preventif dalam mengatasi dan mencegah kegagalan atau risiko-risiko tersebut muncul kembali [12]. Usulan perbaikan dan mitigasi risiko ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Usulan Perbaikan dan Mitigasi Risiko

Risiko	Penyebab Utama	Usulan Mitigasi
Tersengat aliran listrik saat kerja (R07)	<p><i>Man:</i> APD tidak dikenakan oleh operator sesuai standar kerja.</p> <p><i>Machine:</i> Melakukan inspeksi pemeliharaan rutin kurang dilakukan.</p> <p><i>Environment:</i> area kerja yang memiliki kelembaban tinggi.</p>	<p>Memberikan pelatihan prosedur aman bekerja dengan alat kelistrikan serta penggunaan alat pelindung diri (APD) kepada operator.</p> <p>Melakukan inspeksi berkala terhadap alat dan kabel listrik untuk memastikan tidak ada isolasi yang rusak.</p> <p>Menjaga kelembaban udara di bawah 50% dengan memasang <i>dehumidifier</i> di area kerja.</p>
Kelelahan mental atau stres saat kerja (R04)	<p><i>Man:</i> beban kerja melebihi kapasitas tenaga kerja.</p> <p><i>Method:</i> prosedur kerja yang kurang efisien.</p> <p><i>Environment:</i> area kerja yang tidak tertata rapi.</p>	<p>Menambah tenaga kerja dan memberikan akses kepada konseling psikologis atau tenaga ahli untuk mendukung kesehatan mental karyawan.</p> <p>Memberikan prosedur kerja yang lebih baik serta peralatan kerja yang mendukung efisiensi pekerjaan.</p> <p>Menerapkan prinsip kerja 5R (ringkas, rapi, resik, rawat, dan rajin) untuk memelihara area kerja agar lebih nyaman dan produktif.</p>

Berdasarkan hasil identifikasi dan analisis risiko yang menghasilkan dua risiko utama yaitu risiko tersengat aliran listrik saat kerja (R07) dan kelelahan mental atau stres saat kerja (R04). Risiko R07 disebabkan oleh beberapa faktor utama, seperti ketidakpatuhan operator dalam menggunakan alat pelindung diri (APD) sesuai standar kerja, pemeliharaan rutin pada alat listrik yang tidak memadai, dan kondisi lingkungan kerja dengan tingkat kelembaban tinggi. Untuk memitigasi risiko ini, langkah-langkah yang diusulkan meliputi pemberian pelatihan kepada operator terkait prosedur aman bekerja dengan alat listrik dan penggunaan APD, inspeksi berkala terhadap alat dan kabel listrik untuk memastikan tidak ada kerusakan isolasi, serta pemasangan *dehumidifier* guna menjaga kelembaban udara di bawah 50%.

Sementara itu, risiko R04, yaitu kelelahan mental atau stres saat kerja, timbul akibat beban kerja yang melebihi kapasitas tenaga kerja, prosedur kerja yang kurang efisien, dan lingkungan kerja yang tidak tertata sesuai prinsip 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin). Langkah mitigasi yang diusulkan untuk risiko ini mencakup penambahan tenaga kerja operator, pemberian akses kepada konseling psikologis untuk mendukung kesehatan mental karyawan, penyediaan prosedur kerja serta peralatan yang lebih efisien, dan penerapan prinsip kerja 5R guna menciptakan lingkungan kerja yang lebih nyaman dan produktif. Upaya mitigasi ini diharapkan dapat mengurangi potensi terjadinya risiko, meningkatkan keselamatan kerja, serta memastikan efisiensi dan keandalan operasional laboratorium kalibrasi.

4. PENUTUP

Studi kasus yang dilakukan ini secara garis besar bertujuan untuk mengidentifikasi risiko operasional di laboratorium kalibrasi dan memberikan usulan mitigasi yang terintegrasi untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi kerja. Hasil analisis berhasil menemukan akar penyebab dari dua risiko utama, yaitu risiko tersengat aliran listrik saat kerja (R07) dan kelelahan mental atau stres saat kerja (R04). Usulan mitigasi yang diberikan meliputi pelatihan prosedur aman bekerja, inspeksi berkala alat dan lingkungan kerja, pemasangan *dehumidifier*, penambahan tenaga kerja, serta penerapan prinsip kerja 5R (Kebersihan, Kesehatan, Keselamatan, Ketertiban, dan Keindahan).

Studi kasus ini menunjukkan bahwa penerapan metode FMEA dan RCA secara terintegrasi mampu memberikan solusi yang komprehensif dan aplikatif untuk mengelola risiko operasional di laboratorium kalibrasi. Temuan ini dapat menjadi referensi untuk meningkatkan keselamatan kerja dan efisiensi operasional perusahaan serta mendukung pengembangan sistem manajemen risiko yang berkelanjutan. Namun, efektivitas usulan mitigasi masih perlu diuji lebih lanjut dalam penerapan nyata untuk memastikan keberhasilannya dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Danar Agus Susanto, Muhammmad Haekal Habiebie, & Budhy Basuki. Peran Penerapan Standardisasi dan Penilaian Kesesuaian dalam Peningkatan Kinerja Perusahaan dalam Perdagangan Internasional. *Jurnal*

- Ekonomi dan Kebijakan Publik*, 14(2): 93-106. 2024
- [2]. Masripah, Septi Rizkine Pramukti, Zaidi Oktari, & Mustika Fadila. Manajemen Risiko Pengendalian Mutu pada Laboratorium Uji dan Kalibrasi PRTBBN Sesuai Persyaratan ISO/IEC 17025: 2017. *Jurnal Standardisasi*, 24(1): 33-44. 2022
- [3]. Bisri Mustofa, Ekayana S. Paranita, & Tatan Sukwika. Manajemen Risiko dengan Metode FMEA di Instalasi Gawat Darurat Rumah Sakit Kuwait. *Management Studies and Entrepreneurship Journal (MSEJ)*, 4(5): 7064-7077. 2023
- [4]. Wiwik Widhianingsih & Hana Catur Wahyuni. Strategi Peningkatan Kualitas Sepatu dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis, Grey Relational Analysis, dan Root Cause Analysis. *Innovative Technologica: Methodical Research Journal*, 3(3): 1-17. 2024
- [5]. Fauzia Zalnya Putri. Analisis Manajemen Risiko Berbasis ISO 31000 untuk Mengelola Risiko Operasional di Bidang X pada Perusahaan Dinas XYZ. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis Digital*, 1(3): 433-444. 2024
- [6]. Muhammad Ilham Fachrezi. Manajemen Risiko Keamanan Aset Teknologi Informasi Menggunakan ISO 31000: 2018 Diskominfo Kota Salatiga. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, 8(2): 764-773. 2021
- [7]. Darsini, Rio Adhi Prakoso, & Maria Puspita Sari. Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Proyek Konstruksi Bendungan XYZ dengan Metode FMEA. *Jurnal Inkofar*, 6(1): 27-32. 2022
- [8]. Yasarah Hisprastin & Ida Musfiroh. Ishikawa Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang Sering Digunakan dalam Manajemen Risiko Mutu di Industri. *Maj. Farmasetika* 6(1): 1-9. 2020
- [9]. Nunung Agus Firmansyah. Manajemen Risiko K3 pada Divisi Produksi menggunakan FMEA dan RCA di PT. XYZ. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri* 1(2): 15-22. 2020
- [10]. Pamor Gunoto & Insannul Kamil. Analisa Proses Kalibrasi Transmitter Ketinggian Air WTP pada Pembangkit Listrik di PT. Mitra Energi Batam. *Sigma Teknika* 4(2): 187-198. 2021
- [11]. Goldy Sandy Gazali & Intan Baroroh. Risk Analysis of the Causes of Delay in Ship Construction (Case Study of KM CL 9E Ship Construction). *BERKALA SAINSTEK* 10(4): 235-242. 2022
- [12]. Dewi Shafitri Rachmadhani Putri Santosa & Ghea Sekar Palupi. Analysis of Risk Management in the Implementation of Enterprise Resource Planning (ERP) using the FMEA Method at PT XYZ. *Journal of Emerging Information System and Business Intelligence (JEISBI)*, 5(2): 83-95. 2024

Ruang kosong ini untuk menggenapi jumlah halaman sehingga jika dicetak dalam bentuk buku, setiap judul baru akan menempati halaman sisi kanan buku.