

Penerapan RBI dalam Perencanaan Inspeksi dan Mitigasi Peralatan Statis PT. PHO

Abror Aryowiweko^{1*}, M.M. Lanny W. Panjaitan², Lukas³

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

² Program Studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta 12930, Indonesia

³Cognitive Engineering Research Group (CERG), Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta 12930, Indonesia

Article Info	Abstract
<p><i>Article history:</i></p> <p>Received December 19, 2024</p> <p>Accepted April 24, 2025</p> <p><i>Keywords:</i> Risk-Based Inspection, Static Equipment, Inspection, Mitigation, Risk</p>	<p><i>This study examines the implementation of the Risk-Based Inspection (RBI) methodology to provide a systematic approach to the inspection and mitigation of static equipment in the oil industry. Based on the API 581 standard edition 2020, risk evaluation is conducted through the calculation of the Probability of Failure (PoF) and Consequence of Failure (CoF), with the results visualized in a risk matrix. The research findings indicate that RBI facilitates more targeted and data-driven inspection planning compared to conventional approaches. Furthermore, this methodology allows for the establishment of a measurable timeline for implementing mitigation recommendations, thereby promoting efficient resource allocation, optimizing operational safety, and preventing equipment failures for operational sustainability.</i></p>

Info Artikel	Abstrak
<p><i>Histori Artikel:</i></p> <p>Diterima: 19 Desember 2024</p> <p>Disetujui: 24 April 2025</p> <p>Kata Kunci: Risk-Based Inspection, peralatan statis, inspeksi, mitigasi, risiko</p>	<p>Studi ini mengkaji implementasi metodologi Risk-Based Inspection (RBI) guna menyediakan suatu pendekatan sistematis dalam inspeksi dan mitigasi peralatan statis pada industri perminyakan. Dengan berpedoman pada standar API 581 edisi 2020, evaluasi risiko dilakukan melalui kalkulasi Probability of Failure (PoF) dan Consequence of Failure (CoF), yang hasilnya divisualisasikan dalam sebuah matriks risiko. Temuan penelitian mengindikasikan bahwa RBI memfasilitasi perencanaan inspeksi yang lebih terarah dan berbasis data ketimbang pendekatan konvensional. Lebih lanjut, metodologi ini memungkinkan penetapan timeline yang terukur untuk implementasi rekomendasi mitigasi, sehingga mendorong alokasi sumber daya yang efisien, optimasi keselamatan operasional, serta pencegahan kegagalan peralatan demi keberlanjutan operasi.</p>

1. PENDAHULUAN

Industri minyak dan gas bumi (migas) memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan energi global. Operasional yang aman dan andal menjadi prioritas utama dalam industri ini, mengingat tingginya risiko yang terkait dengan eksplorasi dan produksi di lingkungan laut. Salah satu tantangan besar yang dihadapi adalah menjaga keandalan

*Corresponding author. Abror Aryowiweko
Email address: abror.12024004633@student.atmajaya.ac.id

peralatan statis seperti bejana tekan dan pipa, yang rentan terhadap berbagai mekanisme degradasi seperti korosi, erosi, serta dampak dari lingkungan laut yang ekstrim seperti kelembaban tinggi, paparan air laut, dan fluktuasi suhu yang signifikan (Achkar *et al.*, 2019) (Priyanta, Zaman and Semin, 2021). Faktor-faktor ini mempercepat proses degradasi material, sehingga meningkatkan potensi kegagalan peralatan. Akibatnya, risiko terhadap keselamatan personel, lingkungan, dan keberlangsungan operasional menjadi semakin besar jika peralatan tidak dikelola dengan baik (Priyanta, Zaman and Semin, 2021). Oleh karena itu, inspeksi dan perawatan berkala menjadi hal yang krusial untuk memastikan integritas peralatan. (França, Santos and Haddad, 2019).

Regulasi pemerintah Indonesia, seperti yang tercantum dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 32 Tahun 2021 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2021), mengharuskan inspeksi berkala terhadap peralatan statis dengan dua pilihan interval: berdasarkan jangka waktu tertentu (minimal setiap empat tahun) atau berdasarkan hasil analisis risiko. Namun, pendekatan berbasis regulasi yang hanya mengandalkan interval waktu tetap sering kali tidak efisien, karena tidak memperhitungkan tingkat risiko spesifik yang dimiliki setiap peralatan. Sebagai hasilnya, sumber daya inspeksi dan perawatan sering kali dialokasikan secara merata tanpa mempertimbangkan prioritas risiko, yang dapat menyebabkan pemborosan waktu dan biaya. Pendekatan berbasis risiko, seperti Risked-Based Inspection, merupakan salah satu solusi untuk mengelola risiko peralatan statis secara efektif dan efisien.

RBI adalah metode berbasis risiko yang memprioritaskan inspeksi dan perawatan berdasarkan tingkat risiko yang diidentifikasi untuk setiap peralatan. Pendekatan ini memungkinkan pengelolaan sumber daya yang lebih efektif, dengan fokus pada peralatan yang memiliki risiko tinggi terhadap kegagalan. RBI juga membantu perusahaan dalam merancang strategi mitigasi yang lebih terukur, sehingga dapat meningkatkan keselamatan operasional sekaligus mengoptimalkan biaya perawatan. Selain itu, penerapan RBI mendukung kepatuhan terhadap regulasi yang ada sambil menawarkan fleksibilitas dalam pengelolaan risiko.

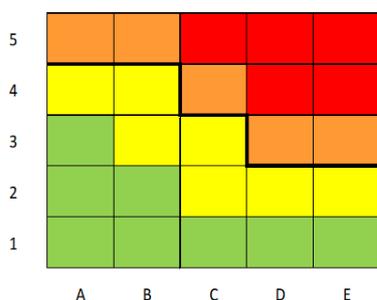
Dalam penelitian ini, metodologi Risked-Based Inspection diterapkan untuk melakukan penilaian risiko dan perencanaan inspeksi serta mitigasi yang sesuai bagi peralatan statis di platform IN. B yang dikelola oleh PT. PHO. Penilaian dilakukan berdasarkan acuan standar API 581 (American Petroleum Institute, 2020), dengan tujuan utama mengidentifikasi peralatan yang memiliki tingkat risiko tinggi, menetapkan jadwal inspeksi yang optimal, serta memberikan rekomendasi mitigasi yang tepat.

2. METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan penerapan *Risk-Based Inspection* (RBI) pada studi ini mengacu pada standar API 581 (American Petroleum Institute, 2020). Proses penilaian risiko dilakukan terhadap 198 peralatan statis, yang mencakup 169 pipa aktif, 23 pipa tidak aktif, dan 6 bejana tekan aktif di platform IN. B. Pelaksanaan metode ini dimulai dengan pengumpulan data dan informasi terkait peralatan. Data yang dikumpulkan meliputi identifikasi daftar aset peralatan statis, *Piping and Instrumentation Diagram* (PID), *Piping Flow Diagram* (PFD), kondisi operasi seperti tekanan dan temperatur, spesifikasi peralatan, serta kapasitas produksi di *platform* tersebut. Selain itu, riwayat inspeksi dan perawatan, termasuk data kerusakan sebelumnya, juga dihimpun untuk memberikan gambaran yang komprehensif tentang kondisi peralatan. Tahap selanjutnya adalah pengelompokan peralatan ke dalam grup korosi dan grup inventori. Grup korosi dibentuk berdasarkan parameter seperti jenis material, kondisi lingkungan, dan mekanisme degradasi yang dominan,

sementara grup inventori mengelompokkan peralatan berdasarkan jumlah fluida yang dilepas ke lingkungan saat terjadi kebocoran. Langkah ini bertujuan untuk menyederhanakan analisis risiko dengan mengelompokkan peralatan yang memiliki karakteristik serupa.

Penilaian risiko dilakukan dengan menghitung *Probability of Failure* (PoF) dan *Consequence of Failure* (CoF) untuk setiap peralatan. PoF ditentukan berdasarkan nilai kerentanan peralatan terhadap mekanisme kerusakan yang dapat terjadi, sedangkan CoF dihitung berdasarkan potensi dampak kegagalan, termasuk kerugian ekonomi, dampak lingkungan, dan risiko terhadap keselamatan. Tingkat risiko untuk setiap peralatan diperoleh dengan mengintegrasikan nilai PoF dan CoF, yang kemudian digunakan untuk memprioritaskan inspeksi dan mitigasi. Setelah nilai risiko diperoleh, nilai tersebut disajikan dalam bentuk matriks risiko yang mengelompokkan peralatan ke dalam beberapa kategori: risiko tinggi (merah), risiko sedang-tinggi (oranye), risiko sedang (kuning), risiko rendah (hijau). Untuk risiko tinggi dan risiko sedang-tinggi dikategorikan sebagai risiko yang tidak dapat diterima. Selanjutnya, risiko yang dimasukkan kedalam matriks dapat membantu memvisualisasikan prioritas inspeksi dan mitigasi yang diperlukan. Matriks risiko dapat.



Gambar 1.

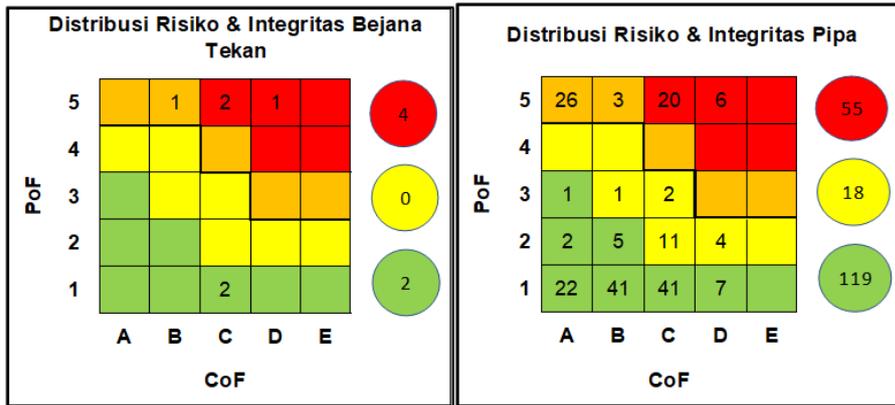
Matriks Risiko Peralatan

Hasil penilaian risiko dianalisis untuk mengidentifikasi peralatan dengan tingkat risiko tinggi yang memerlukan perhatian prioritas. Pada tahap ini, ditentukan pula kapan risiko mencapai tingkat yang tidak dapat diterima, sesuai dengan batas toleransi risiko yang ditetapkan perusahaan. Informasi ini menjadi dasar dalam menyusun jadwal inspeksi berbasis risiko yang lebih optimal dibandingkan dengan interval waktu tetap.

Perencanaan inspeksi dan mitigasi dilakukan dengan mengusulkan jadwal inspeksi atau mitigasi lain yang spesifik untuk peralatan dengan tingkat risiko tinggi dan menyesuaikan interval inspeksi untuk peralatan dengan risiko rendah. Strategi mitigasi yang diusulkan mencakup penggantian peralatan, perbaikan peralatan, memberikan lapisan pelindung eksternal (*external coating*), atau modifikasi kondisi operasi untuk mengurangi risiko kegagalan. Proses ini diakhiri dengan evaluasi akhir untuk memastikan bahwa jadwal inspeksi dan strategi mitigasi yang diusulkan dapat diterapkan secara efektif. Dengan pendekatan ini, diharapkan peralatan dengan tingkat risiko tertinggi dapat diinspeksi lebih awal, sementara peralatan dengan risiko rendah dapat dijadwalkan inspeksinya pada interval yang lebih panjang. Hal ini tidak hanya meningkatkan keselamatan operasional tetapi juga mengoptimalkan alokasi anggaran inspeksi dan perawatan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penilaian risiko terhadap peralatan statis di platform Intan B memberikan gambaran komprehensif mengenai tingkat risiko yang dihadapi oleh setiap peralatan. Hasil penilaian risiko pada platform Intan B ditampilkan pada Gambar 2.

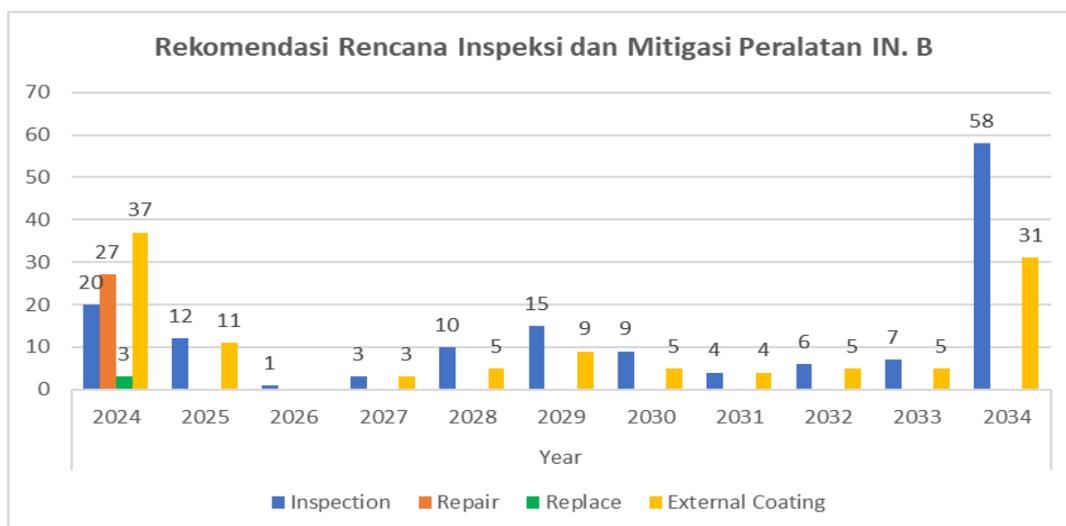


Gambar 2.
Distribusi Status Risiko Peralatan di Area IN.B

Berdasarkan analisis RBI terhadap enam bejana tekan aktif, hasil menunjukkan bahwa satu bejana tekan berada dalam kategori risiko tinggi dengan tingkat risiko 5D, dua bejana tekan berada dalam kategori risiko tinggi dengan tingkat risiko 5C, satu bejana tekan berada dalam kategori risiko sedang-tinggi dengan tingkat risiko 5B, dan dua bejana tekan lainnya berada dalam kategori risiko rendah dengan tingkat risiko 1C.

Untuk 192 pipa yang dinilai, hasilnya menunjukkan bahwa 26 pipa berada dalam kategori risiko tinggi dengan status integritas merah, 29 pipa berada dalam kategori risiko sedang ke tinggi dengan status integritas merah, 18 pipa berada dalam kategori risiko sedang dengan status integritas kuning, dan 119 pipa berada dalam kategori risiko tinggi. Selain itu, terdapat 55 pipa yang dikategorikan memiliki risiko yang tidak dapat diterima. Faktor-faktor yang menyebabkan kategori ini meliputi kebocoran, perbaikan temporer seperti penggunaan clamp atau doubler, kerusakan signifikan, atau kurangnya laporan serta riwayat inspeksi.

Berdasarkan hasil analisis risiko yang telah dilakukan, langkah-langkah strategis untuk inspeksi dan mitigasi menjadi prioritas penting dalam memastikan keberlanjutan operasional platform. Rekomendasi rencana inspeksi dan mitigasi untuk 175 peralatan aktif ditampilkan pada Gambar 3. Sedangkan untuk rekomendasi rencana inspeksi dan mitigasi 23 peralatan tidak aktif ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 3.
Rekomendasi Rencana Inspeksi dan Mitigasi Peralatan Aktif di Area IN.B

Tabel 1.

Rekomendasi Rencana Inspeksi dan Mitigasi Peralatan Tidak Aktif di Area IN. B

Rekomendasi	Jumlah Peralatan
Penggantian (Replace)	2
Perbaikan (Repair)	21
Pelapisan Eksternal	21
Jumlah Peralatan	23

Rencana ini disusun berdasarkan hasil analisis risiko, dengan prioritas utama diberikan pada peralatan dengan kategori risiko tinggi. Strategi mitigasi yang diusulkan meliputi inspeksi, penggantian atau perbaikan peralatan, penerapan perlindungan tambahan seperti pelapisan ulang pada permukaan peralatan, serta penyertaan tenggat waktu pelaksanaan untuk setiap rekomendasi. Dengan implementasi rekomendasi ini, diharapkan risiko kegagalan dapat diminimalkan, sehingga memastikan keselamatan dan keberlanjutan operasional platform.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penerapan metode Risk-Based Inspection (RBI) pada peralatan statis di platform IN. B yang dioperasikan oleh PT. PHO telah memberikan panduan yang terukur dalam menentukan prioritas inspeksi dan mitigasi berdasarkan tingkat risiko. Penilaian risiko yang dilakukan terhadap 198 peralatan, termasuk bejana tekan dan perpipaan, mengidentifikasi beberapa peralatan dengan tingkat risiko tinggi yang memerlukan perhatian segera. Hasil penilaian menunjukkan bahwa dari enam bejana tekan yang dinilai, tiga berada dalam kategori risiko tinggi, satu berada dalam kategori risiko sedang-tinggi, dan dua berada dalam kategori risiko rendah. Sementara itu, dari 192 pipa yang dievaluasi, terdapat 55 pipa dengan risiko yang tidak dapat diterima karena kondisi kerusakan yang signifikan atau kurangnya data inspeksi.

Keunggulan penerapan metode RBI terletak pada kemampuannya untuk memberikan perencanaan inspeksi yang lebih terfokus dan berbasis data, dibandingkan dengan pendekatan inspeksi berdasarkan interval waktu tertentu yang sering kali tidak mempertimbangkan kondisi aktual peralatan. Dengan pendekatan ini, inspeksi tidak lagi dilakukan secara rutin pada interval waktu yang sama untuk semua peralatan, melainkan berdasarkan pada tingkat risiko masing-masing peralatan. Peralatan dengan tingkat risiko tinggi mendapatkan perhatian lebih mendalam dan dilakukan mitigasi segera, sementara untuk peralatan dengan risiko rendah mitigasi dapat dilakukan dengan tenggat waktu panjang. Hal ini mengoptimalkan penggunaan sumber daya, mengurangi biaya, dan meningkatkan efisiensi operasional.

Selain itu, RBI juga memungkinkan penerapan strategi mitigasi yang lebih tepat dan proaktif. Rekomendasi mitigasi yang diberikan, seperti penggantian material, perbaikan, dan pelapisan permukaan eksternal ulang, ditujukan untuk menurunkan potensi kegagalan dan memperpanjang umur peralatan. Dengan memitigasi risiko berdasarkan prioritas, platform dapat meningkatkan keandalan peralatan dan mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan yang dapat mengganggu operasional. Diharapkan dengan penerapan strategi ini, risiko kegagalan dapat diminimalkan, sehingga operasional platform dapat berjalan dengan aman dan berkelanjutan.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. American Petroleum Institute (API). 2020. API Standard 581: Risk-Based Inspection Methodology. 3rd ed. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
2. Priyanta, D., & Zaman, M. B. (2021). The development of a risk-based maintenance flowchart to select the correct methodology to develop maintenance strategies of oil and gas equipment. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 1052, No. 1, p. 012042). IOP Publishing.
3. Achkar, V.G., Cafaro, V.G., Carlos A. Méndez , Diego C. Cafaro. (2019) “A Discrete-time MILP Formulation for the Optimal Scheduling of Maintenance Tasks on Oil and Gas Wells and Surface Facilities,” in Computer-aided chemical engineering/Computer aided chemical engineering. Elsevier BV, p. 727.
4. França, J., Santos, I.L. dos and Haddad, A. (2019) “Case Study: Human Factors Analysis of FPSO Operations Activities in Brazil,” SPE Annual Technical Conference and Exhibition [Preprint].
5. Priyanta, D., Zaman, M.B. and Semin, S. (2021) “The development of a risk-based maintenance flowchart to select the correct methodology to develop maintenance strategies of oil and gas equipment,” IOP Conference Series Materials Science and Engineering. IOP Publishing, p. 12042.
6. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). 2021. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 32 Tahun 2021 tentang Inspeksi Teknis dan Pemeriksaan Keselamatan Instalasi dan Peralatan pada Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.