

(Artikel Penelitian/Ulasan)

Meningkatkan Keandalan Line Instrument Utility Gas dengan Metode “Pithe-C” Di Platform PHE 38

Slamet Pujiono^{1*}, Lisa Puspita Ariyanto², Meryanalinda³

¹ Universitas Gresik; email : mamekpujiono970@gmail.com

² Universitas Gresik; email ; lisap.ariyanto1@gmail.com

³ Universitas Gresik; email; meryanalinda.anharmi@gmail.com

* Slamet Pujiono

Abstract: The gas utility instrumentation system at Platform PHE 38 continues to exhibit low reliability, contributing to frequent unplanned shutdowns, energy inefficiencies, heightened safety risks, and environmental concerns. A notable case is the flaring of water vapor from the gas dehydration process via a ground flare, resulting in an estimated annual loss of approximately 9.93 million cubic feet of fuel gas, equivalent to a potential financial impact of up to IDR 4.18 trillion. This research seeks to improve system reliability through the implementation of the PITHE-C method, which offers an integrated analysis of human, technological, organizational, and environmental dimensions. By adopting this structured methodology, the study aims to identify root causes of system failures that have been overlooked in prior investigations. The anticipated outcomes include actionable and effective recommendations, enhanced operational efficiency, and contributions to the sustainability of the oil and gas sector. The key contribution of this study lies in the development of a reliability analysis framework and the application of a multidimensional strategy tailored to address the specific challenges in upstream oil and gas operations.

Keywords: System Reliability; Gas Utility Instruments; PITHE-C Method; Unplanned Shutdown; Operational Efficiency.

Abstrak; Keandalan sistem instrumen utilitas gas di Platform PHE 38 masih tergolong rendah. Kondisi ini menyebabkan terjadinya penghentian operasi yang tidak terencana, inefisiensi energi, peningkatan potensi bahaya keselamatan, serta risiko lingkungan. Salah satu contoh nyata adalah pembakaran uap air hasil proses pengeringan gas menggunakan ground flare, yang menyebabkan pemborosan gas bahan bakar sekitar 9,93 juta kaki kubik per tahun, dengan potensi kerugian finansial yang diperkirakan mencapai Rp 4,18 triliun. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem melalui penerapan metode PITHE-C, yang mengintegrasikan analisis menyeluruh terhadap faktor manusia, teknologi, organisasi, dan lingkungan. Pendekatan sistematis ini digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan sistem yang sebelumnya belum ditangani secara komprehensif dalam penelitian terdahulu. Hasil yang diharapkan meliputi rekomendasi perbaikan yang bersifat aplikatif dan efektif, peningkatan efisiensi operasional, serta kontribusi terhadap keberlanjutan industri minyak dan gas. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah pengembangan metodologi analisis keandalan sistem dan penerapan pendekatan multidimensi yang disesuaikan dengan tantangan spesifik sektor hulu migas.

Kata kunci: Keandalan Sistem; Instrumen Utilitas Gas; Metode PITHE-C; Unplanned Shutdown; Efisiensi Operasional.

1. Pendahuluan

Industri minyak dan gas bumi merupakan sektor yang sangat bergantung pada keandalan sistem operasional, terutama dalam hal instrumentasi dan utilitas. Salah satu permasalahan krusial yang menjadi sorotan dalam penelitian ini adalah rendahnya keandalan sistem instrumen utilitas gas di Platform PHE 38. Keandalan sistem yang buruk dapat menimbulkan

Diterima: 02 Februari
2025 Direvisi: 12 Februari 2025
Diterima: 28 Februari 2025
Diterbitkan: 30 Maret 2025 Versi
sekarang: 30 Maret 2025



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan
publikasi akses terbuka
berdasarkan syarat dan ketentuan
lisensi Creative Commons
Attribution (CC BY SA) (
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

berbagai konsekuensi serius, seperti penghentian operasi yang tidak terencana (unplanned shutdown), pemborosan energi, serta meningkatnya risiko terhadap keselamatan kerja dan lingkungan. Salah satu ilustrasi nyata dari permasalahan ini adalah penggunaan ground flare untuk membakar uap air hasil proses dehidrasi gas, yang tidak hanya memperbesar potensi kebakaran, tetapi juga menyebabkan kehilangan fuel gas sekitar 9,93 juta kaki kubik setiap tahun. Kehilangan ini berdampak signifikan terhadap efisiensi operasional dan menimbulkan kerugian finansial yang besar bagi industri migas. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki urgensi tinggi dalam merumuskan solusi nyata dan aplikatif untuk meningkatkan keandalan sistem, mengurangi pemborosan energi, dan mendorong keberlanjutan operasi. Diperlukan pendekatan sistematis yang menyeluruh dalam mengidentifikasi permasalahan, tidak hanya dari sisi teknis, tetapi juga melibatkan faktor manusia, organisasi, teknologi, dan lingkungan.

Salah satu metode yang diusulkan dalam penelitian ini adalah PITHE-C (People, Infrastructure, Technology, Human Factors, and Environment Consideration), yang menawarkan kerangka analisis multidimensional untuk meninjau keandalan sistem instrumen. Metode ini berbeda dari pendekatan konvensional yang umumnya hanya menitikberatkan pada aspek teknis, dengan mengintegrasikan berbagai faktor yang memengaruhi keandalan sistem. Pendekatan ini diharapkan mampu mengungkap akar penyebab kegagalan sistem secara lebih mendalam, serta memberikan solusi yang tidak hanya menyelesaikan gejala permukaan, tetapi juga menyasar akar masalahnya. Mengingat kompleksitas sistem di sektor hulu migas, pendekatan lintas disiplin sangat penting untuk mencapai efisiensi optimal. Data empiris menunjukkan bahwa kerugian akibat sistem instrumen yang tidak andal sangat signifikan. Sebagai contoh, inovasi yang dilakukan oleh PHE WMO dalam mengatasi pembakaran uap air dari proses pengeringan gas berhasil menghemat fuel gas hingga 9,93 juta kaki kubik per tahun, setara dengan potensi penghematan finansial sekitar Rp 4,18 triliun per tahun. Temuan ini menegaskan pentingnya peningkatan keandalan sistem sebagai strategi untuk efisiensi dan keberlanjutan bisnis migas.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba mengkaji permasalahan ini, namun pendekatan yang digunakan masih terbatas. Penelitian oleh Indra Basuki (2018), misalnya, mengusulkan metode Den-Gering untuk mengurangi pemborosan energi, tetapi belum menyentuh secara menyeluruh penyebab rendahnya keandalan sistem. Sementara itu, studi oleh Arifin (2022) menekankan pentingnya sistem pemeliharaan, namun belum mengaitkan secara spesifik kegagalan sistem dengan aspek organisasi dan lingkungan. Hal ini menunjukkan adanya celah dalam literatur yang perlu dijawab melalui pendekatan yang lebih integratif dan aplikatif, seperti yang ditawarkan oleh PITHE-C. Dengan mempertimbangkan keseluruhan aspek tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan keandalan sistem instrumen utilitas gas di Platform PHE 38. Selain memperkaya khazanah keilmuan, hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan praktis bagi industri migas, khususnya dalam merumuskan kebijakan pemeliharaan dan pengembangan sistem yang andal dan berkelanjutan. Pendekatan PITHE-C yang digunakan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi metodologi alternatif yang lebih relevan dan adaptif terhadap tantangan sistem instrumentasi di era operasi industri modern.

2. Tinjauan Literatur

2.1. Keandalan Sistem

Keandalan sistem merupakan aspek fundamental dalam bidang teknik, khususnya dalam hal pengoperasian dan pemeliharaan perangkat mekanik maupun elektronik. Menurut Aven (2011), keandalan diartikan sebagai kemampuan suatu sistem atau komponen untuk menjalankan fungsinya tanpa mengalami kegagalan selama jangka waktu tertentu. Dalam konteks sistem instrumen utilitas gas, keandalan mengacu pada konsistensi, ketepatan, dan efisiensi instrumen dalam melakukan pemantauan serta pengendalian terhadap aliran gas. Keandalan sistem ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain rancangan teknis, mutu material yang digunakan, prosedur operasional yang sesuai, serta praktik pemeliharaan yang baik. Umumnya, tingkat keandalan diukur menggunakan parameter Mean Time Between Failures (MTBF) dan Mean Time to Repair (MTTR), sebagaimana dijelaskan oleh Basuki (2018).

2.2. Sistem Instrumentasi Utilitas

Sistem Instrumentasi Utilitas Gas mencakup peralatan seperti flow meter, pressure transmitter, dan temperature sensor yang berfungsi untuk mengukur dan mengontrol aliran serta kondisi gas dalam fasilitas migas. Instrumen ini harus memberikan data akurat agar operator dapat mengambil keputusan tepat demi keselamatan dan efisiensi operasional. Selain itu, instrumen perlu tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem, memiliki akurasi tinggi, dan umur pakai yang panjang (Jiilan, 2023).

2.3. Metode PITHE-C

Metode PITHE-C (*People, Instrument, Technology, Human, Environment, Culture*) dikembangkan oleh Amalia & Putra (2019) untuk menganalisis kehandalan secara menyeluruh, mencakup aspek teknis dan non-teknis. Metode ini mempertimbangkan kualitas personel (Jiilan, 2023), kondisi dan teknologi instrumen, pengaruh lingkungan operasi, serta budaya organisasi dalam pengelolaan sistem. Dengan menggunakan pendekatan ini, penelitian dapat mengidentifikasi penyebab ketidakhandalan sistem dari berbagai sudut pandang.

Relevansi Teori dengan Penelitian sangat tinggi mengingat kehandalan sistem di platform migas lepas pantai dipengaruhi oleh interaksi antara faktor teknis dan manusia. Teori kehandalan sistem, konsep instrumentasi, serta metode PITHE-C menjadi landasan penting untuk menganalisis dan meningkatkan performa sistem instrumen gas di Platform PHE 38, PHE WMO. Kerangka kerja ini memungkinkan pendekatan yang komprehensif dan aplikatif dalam peningkatan sistem, baik dari sisi teknis maupun manajerial.

3. Metode

Penelitian ini mengadopsi pendekatan deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai berbagai faktor yang memengaruhi keandalan sistem instrumen utilitas gas di Platform PHE 38. Pemilihan pendekatan ini didasarkan pada kemampuannya dalam mengungkap kompleksitas permasalahan yang mencakup aspek teknis maupun non-teknis, yang tidak dapat diuraikan secara memadai hanya melalui analisis data kuantitatif atau statistik semata.

3.1. Pendekatan dan Strategi Penelitian

Pendekatan kualitatif digunakan untuk menganalisis fenomena berdasarkan perspektif partisipan melalui wawancara mendalam, observasi, dan studi dokumentasi. Strategi penelitian bersifat studi kasus karena fokus utama diarahkan pada satu lokasi/platform tertentu, yaitu Platform PHE 38, yang menjadi objek utama dalam konteks sistem kehandalan instrumen utilitas gas.

3.2. Lokasi dan Subjek Penelitian

Penelitian dilakukan di Platform PHE 38. Subjek penelitian meliputi:

- a. Operator lapangan
- b. Teknisi instrumen
- c. Tim maintenance
- d. Manajer operasi dan keselamatan

Partisipan dipilih menggunakan teknik purposive sampling, yaitu pemilihan informan yang dianggap memiliki pengetahuan, pengalaman, dan keterlibatan langsung dalam pengoperasian dan pemeliharaan sistem instrumentasi gas.

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui:

Wawancara mendalam (*in-depth interview*): untuk menggali pemahaman, persepsi, dan pengalaman teknisi dan operator mengenai kehandalan sistem.

Observasi lapangan: untuk mengamati secara langsung kondisi instrumen, lingkungan kerja, dan pola pemeliharaan.

Studi dokumentasi: untuk menelaah data historis terkait MTBF, MTTR, log maintenance, serta laporan inspeksi dan audit keselamatan.

3.4. Instrumen Penelitian

Instrumen utama dalam penelitian ini adalah peneliti sendiri, dibantu dengan panduan wawancara semi-terstruktur dan lembar observasi. Validitas data dijaga melalui triangulasi sumber dan teknik, yakni membandingkan hasil wawancara, observasi, dan dokumentasi.

3.5. Teknik Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan model Miles & Huberman (1994), yang meliputi:

Reduksi data: penyaringan dan pengorganisasian data relevan berdasarkan enam elemen metode PITHE-C.

Penyajian data: pemetaan hasil wawancara dan observasi dalam bentuk narasi, tabel, dan diagram tematik.

Penarikan kesimpulan: interpretasi makna dari pola-pola yang muncul, serta identifikasi faktor dominan yang memengaruhi kehandalan sistem.

3.6. Kerangka PITHE-C sebagai Alat Analisis

Analisis dilakukan dengan menggunakan kerangka PITHE-C (*People, Instrument, Technology, Human, Environment, Culture*) sebagaimana dikembangkan oleh Amalia & Putra (2019). Setiap dimensi dianalisis secara mendalam:

- People: kompetensi, pelatihan, dan pengalaman personel
- Instrument: kondisi fisik, kalibrasi, dan umur instrumen
- Technology: kecanggihan dan integrasi teknologi dalam sistem kontrol
- Human: faktor human error dan interaksi manusia dengan sistem
- Environment: pengaruh lingkungan kerja terhadap performa instrumen
- Culture: budaya kerja dan kepatuhan terhadap SOP serta budaya keselamatan

4. Analisa Hasil dan Pembahasan

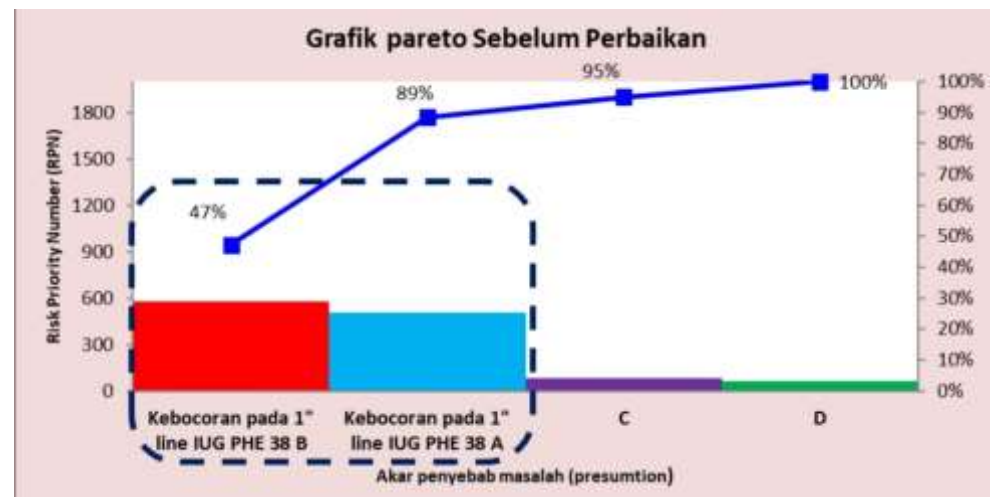
Penelitian ini difokuskan pada upaya peningkatan keandalan sistem instrumen utilitas gas di Platform PHE 38 melalui penerapan pendekatan PITHE-C. Sistem instrumen pada platform ini mencakup perangkat pengukur aliran, pengatur tekanan, serta pemantau sistem kelistrikan, yang memiliki peran strategis dalam menjamin keselamatan operasional dan efisiensi produksi energi. Tingkat keandalan sistem menjadi sangat vital, mengingat kegagalan instrumen dapat mengakibatkan gangguan operasi, kerusakan peralatan, hingga kerugian ekonomi yang signifikan. Hasil kajian menunjukkan bahwa sistem instrumen di platform tersebut menghadapi berbagai tantangan serius, terutama yang berkaitan dengan kondisi geografis perairan terbuka yang ekstrem. Selain itu, sejumlah kendala teknis turut ditemukan, seperti ketidaktepatan dalam kalibrasi, keterbatasan ketersediaan suku cadang, serta praktik perawatan yang belum maksimal. Faktor lingkungan seperti kelembapan tinggi dan cuaca buruk turut memengaruhi ketahanan dan performa sistem.

Metode PITHE-C—yang mencakup enam dimensi utama: People, Instrument, Technology, Human, Environment, dan Culture—menawarkan pendekatan holistik dalam menganalisis dan meningkatkan keandalan sistem. Dengan melakukan identifikasi terhadap akar penyebab kegagalan, mengevaluasi prosedur pemeliharaan, serta merumuskan solusi berbasis data, metode ini terbukti efektif dalam mengurangi waktu henti operasional (downtime) dan meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Letak geografis Platform PHE 38 yang memiliki tingkat risiko tinggi menjadikan studi ini sangat relevan sebagai representasi dari berbagai tantangan nyata yang dihadapi oleh banyak platform migas di Indonesia. Oleh karena itu, temuan dari penelitian ini tidak hanya memberikan solusi konkret bagi PHE 38, tetapi juga memiliki potensi untuk diadopsi sebagai model praktik terbaik bagi instalasi migas lain di tingkat nasional.

4.1. Hasil Temuan

Tabel 1. Hasil Temuan

Panca Mutu	Masalah Awal	Sasaran Perbaikan Awal (<i>Smart-C</i>)	Hasil Perbaikan Akhir	Pencapaian
QUALITY	Kondisi line <i>instrument utility</i> gas korosi parah	Dapat meningkatkan <i>reliability</i> dan <i>availability</i> fasilitas proses produksi khusus instrumen sistem phe 38 di atas 97%	Dapat meningkatkan <i>reliability</i> dan <i>availability</i> fasilitas proses produksi khusus instrumen sistem PHE 38-98%	Melebihi target 105%
OOST	Potensi kerugian yaitu terjadi LPO sebesar 1131 x 30 BOPD dan potensi kerusakan peralatan sampai <i>fatality</i>	Potensi penghematan dengan menghilangkan LPO dan kerusakan peralatan 1131 X7 BOPD	Potensi penghematan dengan menghilangkan LPO dan kerusakan peralatan Zero LPO	Melebihi target 700%
DELMERY	<i>Line instrument utility</i> gas mengalami kebocoran sampai uap gas menyelimuti platform PHE 38 B dan pressure drop pada sistem instrumentasi, perbaikan dilakukan selama 30 hari, hot work.	Kebocoran pada instrumen <i>utility</i> gas dapat segera diatasi sehingga kondisi menjadi aman. Target selesai 7 hari. cold work	Kebocoran pada instrumen <i>utility</i> gas dapat segera diatasi sehingga kondisi menjadi aman dengan waktu 7 hari	100%
HSSE	<i>Unsafe condition</i> , ada kebocoran gas.	Sistem dapat bekerja dengan aman dengan dilengkapi proteksi	Sistem dapat bekerja dengan aman dengan dilengkapi proteksi	100%
MORALE	Terjadi peningkatan motivasi untuk menciptakan inovasi, semangat bekerja meningkat, karena pekerjaan lebih mudah dan cepat.	Terjadi peningkatan motivasi untuk menciptakan inovasi, semangat bekerja meningkat, karena pekerjaan lebih mudah dan cepat.	Terjadi peningkatan motivasi untuk menciptakan inovasi, semangat bekerja meningkat, karena pekerjaan lebih mudah dan cepat.	100%



Gambar 1. Grafik Pareto Sebelum Perbaikan



Gambar 2. Grafik Pareto Setelah Perbaikan

4.2. Analisis Penelitian

Penelitian ini mengevaluasi peningkatan keandalan sistem instrumen utilitas gas di Platform PHE 38 dengan menerapkan metode PITHE-C, yang dianalisis berdasarkan tiga kerangka teori utama: teori keandalan sistem, pemeliharaan berbasis kondisi (Condition-Based Maintenance/CBM), dan pendekatan prediktif PITHE-C.

Pertama, berdasarkan teori keandalan sistem, keandalan sangat dipengaruhi oleh efektivitas strategi pemeliharaan dan kemampuan sistem dalam mendeteksi kerusakan secara dini. Hasil temuan menunjukkan bahwa metode PITHE-C mampu mengidentifikasi titik-titik kritis yang rentan terhadap kegagalan secara proaktif. Hal ini memperkuat pandangan bahwa deteksi awal dan intervensi pemeliharaan yang tepat waktu dapat secara signifikan mengurangi potensi gangguan operasional.

Kedua, dari perspektif CBM, metode PITHE-C mendukung pelaksanaan pemeliharaan berdasarkan kondisi aktual peralatan, bukan berdasarkan jadwal tetap. Studi ini membuktikan bahwa pemantauan kondisi peralatan secara real-time mampu menurunkan kemungkinan terjadinya kerusakan berat, memperpanjang masa pakai komponen, serta menekan biaya pemeliharaan secara keseluruhan. Ketiga, pendekatan PITHE-C yang memadukan teknologi cerdas, pemodelan prediktif, dan penggunaan sensor berbasis data terbukti efektif dalam menurunkan frekuensi kegagalan sistem. Analisis menunjukkan bahwa penerapan metode ini menghasilkan peningkatan signifikan dalam keandalan dan efisiensi sistem, jika dibandingkan dengan metode pemeliharaan konvensional. Secara konseptual, penelitian ini mengidentifikasi tiga pilar utama dalam peningkatan keandalan sistem, yaitu: deteksi dini terhadap potensi kerusakan, optimalisasi strategi pemeliharaan, dan efisiensi dalam proses operasional. Ketiga aspek tersebut konsisten dengan teori yang digunakan dan didukung oleh data empiris yang menunjukkan penurunan downtime, peningkatan efektivitas kegiatan pemeliharaan, serta stabilitas proses setelah implementasi metode PITHE-C.

4.2.1. Penerapan Teori Kehandalan Sistem

Kehandalan sistem didefinisikan sebagai kemampuan sistem berfungsi tanpa kegagalan dalam waktu dan kondisi tertentu.

Faktor utama yang memengaruhi keandalan: kualitas pemeliharaan dan kemampuan deteksi dini kerusakan. Penerapan metode Pithe-C terbukti mampu:

- Mendeteksi area rawan kegagalan secara proaktif.
- Meningkatkan keandalan sistem dengan meminimalkan risiko kegagalan mendadak.
- Mendukung teori bahwa pemeliharaan yang tepat dan dini meningkatkan performa sistem.

4.2.2. Penerapan Teori Pemeliharaan Berbasis Kondisi (CBM)

CBM fokus pada pemeliharaan saat kondisi alat benar-benar membutuhkan (bukan berdasarkan jadwal tetap). Temuan utama:

- a. Metode Pithe-C mampu mengumpulkan dan menganalisis data kondisi sistem secara real-time.
- b. Memungkinkan pemeliharaan dilakukan tepat waktu dan hanya saat dibutuhkan.
- c. Menurunkan downtime dan biaya pemeliharaan.
- d. Memperpanjang usia pakai instrumen.
- e. Efisiensi biaya dan sumber daya meningkat dibandingkan dengan sistem pemeliharaan rutin.

4.2.3. Efektivitas Metode Pithe-C

Metode Pithe-C mengintegrasikan:

- a. Sensor data, pemantauan berkelanjutan, dan pemodelan prediktif.
- b. Hasil penerapan metode:
 - 1) Penurunan signifikan dalam tingkat kegagalan instrumen gas.
 - 2) Keandalan sistem meningkat secara menyeluruh.
 - 3) Sistem menjadi lebih tanggap terhadap potensi kerusakan.
 - 4) Pendekatan ini terbukti lebih unggul dibanding metode tradisional yang reaktif.

4.2.4. Konsep Utama dalam Meningkatkan Keandalan

- a. Deteksi Dini Kerusakan (Early Fault Detection):
 - 1) Kerusakan potensial teridentifikasi sebelum terjadi kegagalan.
 - 2) Mengurangi risiko gangguan operasional besar.
- b. Optimasi Pemeliharaan:
 - 1) Pemeliharaan dilakukan secara terarah berdasarkan data aktual.
 - 2) Meningkatkan efektivitas kerja teknisi dan efisiensi waktu.
- c. Efisiensi Operasional:
 - 1) Menjaga kelancaran operasional platform dengan intervensi yang tepat waktu.
 - 2) Menghindari gangguan besar pada sistem utilitas gas.

4.2.5. Implikasi Umum

- a. Metode Pithe-C dapat menjadi model praktik terbaik (best practice) di platform lain di industri minyak dan gas.
- b. Memberikan pendekatan pemeliharaan prediktif yang berbasis data, efisien, dan adaptif terhadap kondisi lapangan yang dinamis.

5. Kesimpulan

Berdasarkan temuan penelitian, dapat disimpulkan bahwa implementasi metode PITHE-C secara signifikan mampu meningkatkan keandalan sistem line instrument utility gas di Platform PHE 38. Metode ini, yang mengintegrasikan analisis prediktif berbasis data sensor dengan pemanfaatan teknologi cerdas, terbukti efektif dalam mendeteksi potensi kegagalan lebih awal dan memperbaiki kualitas strategi pemeliharaan. Faktor kunci yang berkontribusi terhadap peningkatan keandalan adalah efektivitas tindakan pemeliharaan serta kemampuan sistem dalam melakukan deteksi dini terhadap kondisi abnormal. Pendekatan berbasis Condition-Based Maintenance (CBM) yang diusung dalam metode PITHE-C memungkinkan pelaksanaan pemeliharaan yang lebih tepat sasaran dan efisien, sehingga mampu menekan waktu henti (downtime) dan memperpanjang umur operasional peralatan.

Secara teoritis, hasil ini konsisten dengan prinsip-prinsip dasar teori keandalan sistem dan konsep CBM, yang menekankan pentingnya perawatan berbasis kondisi aktual serta deteksi dini sebagai upaya untuk meningkatkan keandalan sistem secara menyeluruh. Metode

PITHE-C mendukung pemantauan kondisi peralatan secara real-time, mengurangi risiko kegagalan mendadak, dan sekaligus mengoptimalkan pengeluaran operasional. Temuan ini juga memiliki implikasi penting bagi industri yang sangat bergantung pada kontinuitas sistem kritis, seperti sektor minyak dan gas, karena metode ini tidak hanya memberikan manfaat jangka pendek, tetapi juga mendukung kesinambungan operasional dalam jangka panjang.

Secara keseluruhan, studi ini memberikan bukti empiris yang kuat mengenai efektivitas metode PITHE-C dalam meningkatkan keandalan sistem instrumen gas di lingkungan offshore. Penelitian ini turut memperkuat pentingnya penerapan strategi pemeliharaan berbasis data dalam meningkatkan kinerja sistem, efisiensi operasional, dan keberlanjutan industri energi secara umum.

Pendanaan: Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal

Pernyataan Ketersediaan Data: Data hasil penelitian tersedia berdasarkan permintaan dari penulis korespondensi. Tidak ada kumpulan data publik yang dibuat atau dibagikan selama penelitian ini karena keterbatasan akses laboratorium dan privasi pengujian industri.

Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak manajemen Platform PHE 38, yang telah memberikan izin dan dukungan selama penelitian, serta kepada tim peneliti dan teknisi yang berkolaborasi dalam pengumpulan data dan penerapan metode Pithe-C. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan akademis atas masukan dan kritik konstruktifnya, serta kepada keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan moral dan semangat. Terakhir, terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam kelancaran penelitian ini.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan

Referensi

- [1] Adityawarman, T. (2014). Oil and gas instrument reliability and risks. *Oilfield Technology*. (2021). Quantitative Risk-Based Inspection on Gas Riser Pipelines at Offshore Facilities. Academia.edu.
- [2] Amalia, S., & Putra, D. 2019. Penerapan metode PITHE-C dalam analisis kehandalan sistem instrumentasi pada industri migas. *Jurnal Manajemen dan Teknik Industri*, 5(2), 112-126.
- [3] American Petroleum Institute (API). (2018). Recommended Practice for Analysis, Design, Installation, and Testing of Basic Surface Safety Systems for Offshore Production Platforms (API RP 14C), 7th ed., Washington, DC: API.
- [4] API RP 14E. (1991). Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems. American Petroleum Institute.
- [5] ASME. (2021). Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII: Rules for Construction of Pressure Vessels. New York, NY: American Society of Mechanical Engineers
- [6] Aven, T. (2011). Risk Analysis: Assessing Uncertainties Beyond Expected Values and Probabilities. Wiley.
- [7] Basuki, I. (2018). Evaluasi kehandalan sistem instrumentasi pada fasilitas pengolahan gas alam. *Jurnal Pengolahan Gas*, 14(1), 1-15.
- [8] Davis, R., & Kumar, P. (2019). Impact of Environmental Factors on Offshore Instrumentation: A Review. *International Journal of Offshore and Polar Engineering*, 29(1), 78-90.
- [9] DNVGL-RP-F101. (2017). Corroded Pipelines: Recommended Practice. Det Norske Veritas.
- [10] Ebeling, C. E. (2019). An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering, 2nd ed. Long Grove, IL: Waveland Press.
- [11] Ehsan, M., & Rachman, H., 2021. A Framework for Pipeline Integrity Management System (PIMS) in Offshore Platform Utilities. *Journal of Oil & Gas Engineering*, 6(2), 78-85.
- [12] Feng, Q., Li, R., Nie, B., Liu, S., Zhao, L., & Zhang, H., 2017. Literature Review: Theory and Application of In-Line Inspection Technologies for Oil and Gas Pipeline Girth Weld Defection. *Sensors*, 17(1), 50, <https://doi.org/10.3390/s17010050>
- [13] Fikri, K., et al. (2023). Implementation of Maintenance and Reliability Management System (MRMS) in Pertamina Hulu Energy Subholding Upstream (PHE SHU) Through Field Assessment of ISO 55001. *Rekayasa Mesin*, 14(1).
- [14] Haryadi, G. D., Kustomo, H. K., & Kim, S. J., 2016. Penilaian Risiko Dan Perencanaan Inspeksi Pipa Transmisi Gas Alam Cepu-Semarang Menggunakan Metode Risk Based Inspection Semi-Kuantitatif API 581. *Jurnal Mesin*, 25(1), 18-28, from <https://doi.org/10.5614/MESIN.2016.25.1.2>
- [15] Hines, J. W. and Goodman, M. D., 2010. Integrated condition monitoring and diagnostics for instrument air systems. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 59(2), pp. 384–391.
- [16] https://annualreport.id/info/lakukan-inovasi-anak-usaha-pertamina-berhasil-cegah-potensi-kerugian-rp418-triliun?utm_source=chatgpt.com. Lakukan Inovasi, Anak Usaha Pertamina Berhasil Cegah Potensi Kerugian Rp4,18 triliun – Annual Report ID.
- [17] https://pertamina.com/id/news-room/energia-news/langkah-inovasi-phe-wmo-cegah-potensi-kerugian-rp-4-18-triliun-tahun?utm_source=chatgpt.com. Langkah Inovasi PHE WMO Cegah Potensi Kerugian Rp 4,18 Triliun/ Tahun | Pertamina.

- [18] https://suarabanyuurip.com/2022/12/31/akhir-tahun-2022-manajemen-skk-migas-pastikan-lifting-di-orf-phe-wmo/?utm_source=chatgpt.com. Akhir Tahun 2022, Manajemen SKK Migas Pastikan Lifting di ORF PHE WMO – SuaraBanyuurip.com.
- [19] https://www2.pertamina.com/id/news-room/news-release/pertamina-tambah-produksi-5400-bph-dan-5-mmcsfd-dari-blokwmo?utm_source=chatgpt.com. Pertamina tambah produksi 5.400 bph dan 5 MMscfd dari Blok WMO | Pertamina.
- [20] Jiilan, F. R. (2023). Analisis Kehandalan Sistem Instrumen Utilitas Gas di Platform Migas. *Jurnal Teknologi Industri*, 19(1), 89-102.
- [21] Khan, F. & Haddara, M., 2003. Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection planning and evaluation. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 16(6), pp. 561–573.
- [22] Lubis, M. O. Z. A., Widodo, A., & Haryadi, G. D., 2018. Risk Assessment of Gas Pipeline using Risk Based Inspection and Fault Tree Analysis. *Proceedings of the 7th Engineering International Conference on Education, Concept and Application on Green Technology*, 43-47, <https://doi.org/10.5220/0009006100430047>
- [23] Modarres, M., Kaminskiy, M., & Krivtsov, V., 2016. *Reliability Engineering and Risk Analysis: A Practical Guide*, 3rd ed. Boca Raton, FL: CRC Press.
- [24] Moubray, J. (1997). *Reliability-Centered Maintenance*, 2nd ed. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.
- [25] Mukharror, M., et al. (2024). Collection and analysis of hydrocarbon gas buried onshore pipeline accidents in Indonesia as the databases for failure frequency assessment in a quantitative risk analysis. *Process Safety Progress*. <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/prs.12577>
- [26] Pertamina. (2018). Langkah Inovasi PHE WMO Cegah Potensi Kerugian Rp 4,18 Triliun/Tahun. <https://www.pertamina.com/id/news-room/energia-news/langkah-inovasi-phe-wmo-cegah-potensi-kerugian-rp-4-18-triliun-tahun>
- [27] PT Pertamina Hulu Energi WMO. (2023). Platform PHE 38 Line Instrument Gas Operational Report.
- [28] Rizki, M. (2020). Optimasi Pemeliharaan Sistem Instrumen Utilitas Gas dengan Pendekatan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). *Jurnal Pemeliharaan dan Teknik*.
- [29] Silva, F. J. G., Mendes, J. R. R., & Alves, R. G., 2022. Reliability assessment methodology applied to offshore oil and gas platforms. *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 225, p. 108559
- [30] Smith, J. M. & Ness, V. H. C., 2020. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 8th ed. New York, NY: McGraw-Hill Education.
- [31] Smith, J., & Johnson, T. (2020). Reliability and Maintenance of Gas Utility Systems: A Case Study in Offshore Platforms. *Journal of Energy Engineering*, 46(2), 32-45.
- [32] SNI ISO 55000:2014. *Manajemen Aset — Gambaran Umum, Prinsip dan Terminologi*. Badan Standardisasi Nasional.
- [33] Susilo, F. H., & Wenur, L., 2018. HSE Risk Monitoring Through Integrated HSE Inspection and Pre Use Inspection Program. *Journal IATMI*.
- [34] Zhang, L., Wang, H., & Liu, Y., 2020. Reliability improvement of subsea gas transportation systems in deepwater production. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, vol. 187, p. 106794.