

## Perencanaan Pemeliharaan Pressure Reducing System Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Studi Kasus: PT. Affandra Energi Indonesia)

Ahmad Rifai<sup>1</sup>, Agus Suwarno<sup>2</sup>, Ikhsan Romli<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

Jl. Inspeksi Kalimalang No.9 Tegal Danas Arah Deltamas, cibatu, Cikarang Selatan, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat

Email: [rifaiahmad957@gmail.com](mailto:rifaiahmad957@gmail.com), [agussuwarno@pelitabangsa.ac.id](mailto:agussuwarno@pelitabangsa.ac.id), [ikhsan.romli@pelitabangsa.ac.id](mailto:ikhsan.romli@pelitabangsa.ac.id)

### ABSTRAK

*Pressure Reducing System (PRS)* di PT. Affandra Energi Indonesia berperan penting dalam menstabilkan tekanan gas CNG untuk distribusi ke pelanggan. Namun, ketidakpastian interval perawatan dan strategi pemeliharaan yang kurang optimal dapat meningkatkan risiko kerusakan mesin dan mengganggu stabilitas pasokan gas. Penelitian ini bertujuan menentukan interval perawatan optimal dan merancang strategi pemeliharaan berbasis keandalan komponen utama PRS, yaitu *thermocouple*, panel kontrol, dan pemanas (*heater*). Metode penelitian menggabungkan analisis kuantitatif menggunakan distribusi statistik (normal, *lognormal*, eksponensial, dan *weibull*) untuk menghitung keandalan komponen serta analisis kualitatif dengan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* guna mengidentifikasi mode kegagalan kritis. Hasil penelitian menunjukkan interval perawatan optimal dengan tingkat keandalan minimal 70%, yaitu 2.654 jam untuk *thermocouple*, 2.825 jam untuk panel kontrol, dan 3.305 jam untuk pemanas (*heater*). Analisis FMEA mengungkapkan *thermocouple* sebagai komponen dengan risiko tertinggi (RPN=224), sehingga direkomendasikan penerapan *scheduled discard task*. Kesimpulan penelitian menegaskan bahwa penyesuaian interval perawatan berbasis keandalan dan strategi *Reliability Centered Maintenance (RCM)* dapat meningkatkan efektivitas pemeliharaan. Implikasi praktis dari temuan ini adalah peningkatan keandalan sistem PRS, pengurangan downtime, dan optimalisasi biaya pemeliharaan jangka panjang.

**Kata kunci:** *Pressure Reducing System*, Pemeliharaan, Keandalan, Reliability Centered Maintenance, *Failure Mode and Effect Analysis*.

### ABSTRACT

*The Pressure Reducing System (PRS) at PT. Affandra Energi Indonesia is critical in stabilizing CNG gas pressure for customer distribution. However, uncertainty in maintenance intervals and suboptimal maintenance strategies can increase the risk of equipment failure and disrupt gas supply stability. This study aims to determine the optimal maintenance intervals and design a reliability-based maintenance strategy for key PRS components, including thermocouples, control panels, and heaters. The research combines quantitative analysis using statistical distributions (normal, lognormal, exponential, and Weibull) to calculate component reliability and qualitative Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) to identify critical failure modes. The results show optimal maintenance intervals with a minimum reliability threshold of 70%, 2.654 hours for thermocouples, 2.825 hours for control panels, and 3.305 hours for heaters. FMEA analysis identified the thermocouple as the highest-risk component (RPN=224), prompting recommendations for scheduled discard tasks. The study concludes that reliability-based maintenance interval adjustments and implementing Reliability-Centered Maintenance (RCM) strategies can enhance maintenance effectiveness. The practical implications of these findings include improved PRS system reliability, reduced downtime, and long-term maintenance cost optimization.*

**Keywords:** *Pressure Reduction System, Maintenance, Reliability, Reliability Centered Maintenance, Failure Mode and Effects Analysis.*

### Pendahuluan

PT. Affandra Energi Indonesia (PT. AEI) merupakan perusahaan distribusi *Compressed Natural Gas (CNG)* yang bermitra dengan PT. Gagas Energi Indonesia (PGN Group). Gas CNG menjadi pilihan utama sektor industri makanan, minuman, dan manufaktur karena keunggulannya dalam kepraktisan, efisiensi biaya, dan ramah lingkungan. *Pressure Reducing System (PRS)* berperan kritis dalam menurunkan tekanan gas dari 200 bar ke tingkat yang aman untuk distribusi melalui proses pemanasan terkontrol [1]. Namun, dalam dua tahun terakhir (2023–2024), PT. AEI mencatat 22 kasus kerusakan PRS, termasuk kerusakan *heater*, kerusakan *thermocouple* akibat korosi, dan gangguan panel kontrol, yang mengganggu stabilitas pasokan gas.

Pemeliharaan mesin merupakan fondasi operasional industri. Menurut [2], [3], [4], pemeliharaan mencakup tindakan untuk mempertahankan kondisi aset, sementara [5] menekankan pentingnya perawatan fasilitas produksi. Secara umum, terdapat dua jenis pemeliharaan yang dapat diterapkan perusahaan yaitu *Preventive Maintenance* (PM) dan *Corrective Maintenance* (CM) [6], [7]. *Preventive Maintenance* (PM) bersifat proaktif dengan jadwal terstruktur [8], [9], sedangkan *Corrective Maintenance* (CM) bersifat reaktif [10], [4]. Studi terdahulu menunjukkan bahwa pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) efektif mengurangi *downtime* hingga 80% pada gas turbin [11], namun penerapannya di sektor distribusi CNG khususnya untuk sistem PRS masih terbatas. Padahal, risiko kegagalan komponen kritis seperti *thermocouple* atau pemanas dapat meningkatkan biaya operasional hingga 30% [12].

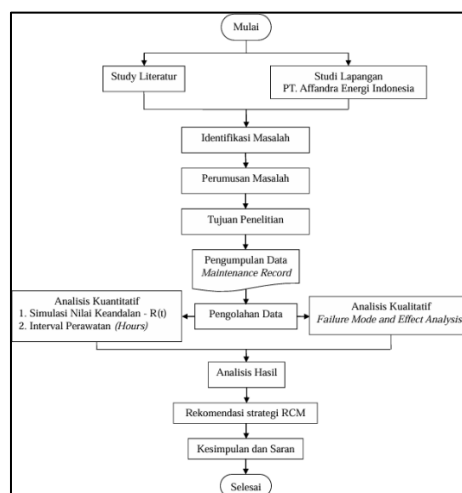
Keandalan (*reliability*) didefinisikan sebagai kemampuan komponen berfungsi optimal dalam kondisi operasional tertentu [13], [14], [15]. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai metode berbasis keandalan, menawarkan solusi sistematis untuk mengidentifikasi kegagalan dan menentukan strategi pemeliharaan [16], [17], [18]. Namun, implementasinya pada PRS di industri CNG belum banyak dieksplorasi, terutama dalam penentuan interval perawatan berbasis data historis.

Berdasarkan analisis tersebut, penelitian ini mengidentifikasi dua masalah utama yaitu, Ketidakpastian interval perawatan PRS yang berpotensi menyebabkan *over-maintenance* atau *under-maintenance*. Kurangnya strategi pemeliharaan yang sesuai dengan kebutuhan aktual komponen PRS. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan interval perawatan yang optimal PRS berbasis data historis dan merancang strategi pemeliharaan menggunakan metode RCM untuk meningkatkan keandalan sistem.

## Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi masalah perawatan mesin PRS di PT. AEI dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif guna merumuskan strategi pemeliharaan yang efektif [19], [20]. Dalam penelitian ini, data kuantitatif yang digunakan adalah data sekunder [21]. Data sekunder berupa *maintenance record* periode 2023–2024 dari PT. AEI. Parameter utama yang dianalisis adalah *Time to Failure* (waktu sebelum terjadi kerusakan) [22]. Analisis kualitatif dilakukan dengan menerapkan *Failure Mode and Effect Analysis* [23]. Untuk menyusun FMEA secara efektif, peneliti melakukan wawancara dengan 3 teknisi PT. AEI yang berpengalaman langsung menangani PRS dengan fokus wawancara mengenai identifikasi *failure mode*, penyebab, dan dampak kegagalan operasional.. Wawancara dilakukan secara tatap muka dan dicatat secara verbatim, kemudian diverifikasi melalui *member checking* untuk memastikan akurasi data.

Pemilihan distribusi probabilitas (*normal*, *lognormal*, *eksponensial*, *weibull*) didasarkan pada kemampuannya memodelkan data kegagalan komponen mekanik dan elektrik [13]. Uji *Goodness-of-Fit* dilakukan dengan *software Minitab 22* menggunakan kriteria Anderson-Darling (AD) dan *Average Goodness-of-Fit* (AVGOF) untuk perhitungan *Reliability* ( $R(t)$ ) dengan batas operasional komponen  $R(t)=0.7$ , *failure rate*, dan MTTF, serta FMEA untuk menilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* tiap kegagalan. Tahapan penelitian diimplementasikan melalui alur kerja sistematis seperti digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart penelitian

## Hasil Dan Pembahasan

### Analisis Kuantitatif

Penelitian ini menetapkan interval perawatan preventif optimal untuk komponen *Pressure Reducing System* (PRS) dengan pendekatan kuantitatif berbasis reliabilitas. Analisis dilakukan menggunakan distribusi

probabilitas (*weibull*, *lognormal*, eksponensial, normal) untuk menentukan *Time to Failure* (TTF) dan nilai keandalan (*reliability*)  $R(t)=0.7$  sebagai batas operasional. Tabel 1 berikut ini merupakan ringkasan hasil perhitungan untuk ketiga komponen.

**Tabel 1.** Ringkasan hasil perhitungan keandalan komponen PRS

| Komponen                  | Distribusi terpilih | Parameter                              | MTTF (jam) | Interval optimal (jam) | Interval (hari) |
|---------------------------|---------------------|----------------------------------------|------------|------------------------|-----------------|
| <i>Thermocouple</i>       | <i>Lognormal</i>    | $\mu=8.02979$ dan $\sigma=0.279606$    | 3193.53    | 2.654                  | 110             |
| Panel kontrol             | <i>Weibull</i>      | $\beta = 5.15352$ dan $\eta = 3549.85$ | 3265.05    | 2.825                  | 117             |
| Pemanas ( <i>heater</i> ) | <i>Weibull</i>      | $\beta = 7.77255$ dan $\eta = 3801.17$ | 3574.68    | 3.305                  | 138             |

### Interpretasi parameter distribusi

#### 1. *Weibull* ( $\beta$ , $\eta$ )

$\beta$  (*shape* parameter) menunjukkan pola kegagalan.  $\beta > 1$  mengindikasikan peningkatan risiko kegagalan seiring waktu (keausan). Nilai  $\beta$  tinggi (*heater*=7.77) menunjukkan keandalan lebih stabil.  $\eta$  (*scale* parameter) merepresentasikan waktu karakteristik kegagalan. Semakin tinggi  $\eta$ , semakin lama komponen bertahan.

#### 2. *Lognormal* ( $\mu$ , $\sigma$ )

$\mu$  dan  $\sigma$  menggambarkan *mean* dan deviasi logaritmik TTF.  $\sigma$  rendah (*thermocouple*=0.28) menunjukkan konsistensi data.

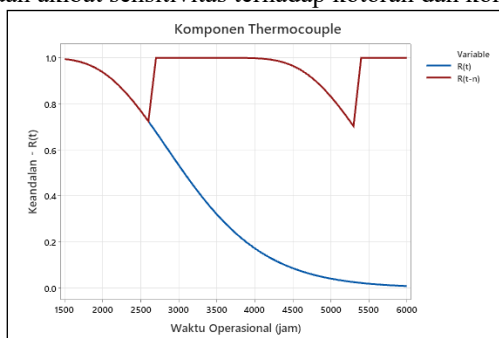
### Analisis Kuantitatif Komponen *Thermocouple*

Selama periode Januari 2023 hingga Desember 2024, komponen *thermocouple* mengalami enam kali kegagalan. Berdasarkan data *time to failure* (TTF) yang diperoleh, dilakukan analisis untuk menentukan distribusi probabilitas yang paling sesuai menggunakan perangkat lunak *Minitab* versi 22. Hasil pengujian distribusi tersebut ditampilkan pada Gambar 2.

| Goodness-of-Fit |                        |
|-----------------|------------------------|
| Distribution    | Anderson-Darling (adj) |
| Normal          | 2.928                  |
| Lognormal       | 2.797                  |
| Exponential     | 3.303                  |
| Weibull         | 2.820                  |

**Gambar 2.** Hasil uji distribusi komponen *thermocouple*

Pemodelan distribusi probabilitas menggunakan *software Minitab* 22 mengidentifikasi distribusi *lognormal* sebagai yang paling sesuai dengan nilai *Average Goodness of Fit* (AVGOF) terkecil yaitu 2.797, dengan parameter  $\mu=8.02979$  dan  $\sigma=0.279606$ . Berdasarkan fungsi keandalan, komponen ini mencapai reliabilitas kritis 0.7 pada 2.654 jam operasional, sehingga interval perawatan preventif optimal ditetapkan setiap 110 hari. Namun, *thermocouple* memiliki interval perawatan terpendek (110 hari) karena nilai  $R(t)=0.533$  pada  $t=3000$  jam (Tabel 2), menunjukkan keandalan rendah akibat sensitivitas terhadap kotoran dan korosi (Lampiran 1).



**Gambar 3.** Grafik perbandingan nilai keandalan terhadap interval perawatan 2.654 jam

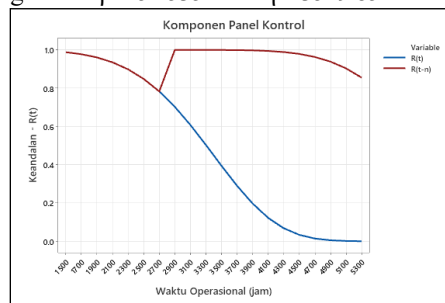
### Analisis Kuantitatif Komponen Panel Kontrol

Selama periode Januari 2023 hingga Desember 2024, komponen panel kontrol tercatat mengalami lima kali kegagalan. Berdasarkan data *Time to Failure* (TTF) yang diperoleh, dilakukan analisis untuk menentukan distribusi probabilitas yang paling sesuai menggunakan perangkat lunak *Minitab* versi 22. Hasil pengujian distribusi tersebut ditampilkan pada Gambar 4.

| Goodness-of-Fit  |       |
|------------------|-------|
| Anderson-Darling |       |
| Distribution     | (adj) |
| Normal           | 2.977 |
| Lognormal        | 3.036 |
| Exponential      | 3.587 |
| Weibull          | 2.973 |

**Gambar 4.** Hasil uji distribusi komponen panel kontrol

Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 4, distribusi *weibull* menunjukkan nilai *Average Goodness of Fit* (AVGOF) terkecil, yang mengindikasikan bahwa distribusi ini merupakan model paling sesuai untuk merepresentasikan data waktu kegagalan (*Time to Failure*) komponen panel kontrol. Hasil pengolahan data melalui perangkat lunak *Minitab* 22 menunjukkan bahwa distribusi *weibull* memiliki nilai Adjusted Anderson-Darling (Adj) sebesar 2.973, yang merupakan nilai terendah di antara distribusi yang diuji. Berdasarkan pengujian parameter distribusi yang diperoleh terdiri dari parameter bentuk ( $\beta$ ) dan parameter skala ( $\eta$ ), dengan nilai  $\beta = 5.15352$  dan  $\eta = 3549.85$ .



**Gambar 5.** Hasil uji distribusi komponen panel kontrol

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 5, diketahui bahwa tingkat keandalan komponen panel kontrol mencapai nilai 0.7 pada waktu operasional sebesar 2825 jam. Oleh karena itu, panel Kontrol memerlukan perawatan setiap 117 hari, dengan  $R(t)=0.656$  (Tabel 2) . Distribusi *weibull* ( $\beta=5.15$ ) menunjukkan kegagalan dominan akibat faktor keausan listrik.

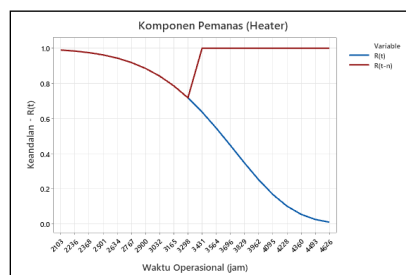
#### **Analisis Kuantitatif Komponen Pemanas (Heater)**

Selama periode Januari 2023 hingga Desember 2024, komponen pemanas (*heater*) mengalami lima kali kegagalan. Berdasarkan data *Time to Failure* (TTF) yang tersedia, dilakukan analisis untuk menentukan distribusi probabilitas yang paling sesuai dengan menggunakan perangkat lunak *Minitab* versi 22. Hasil analisis distribusi tersebut ditampilkan pada Gambar 6.

| Goodness-of-Fit  |       |
|------------------|-------|
| Anderson-Darling |       |
| Distribution     | (adj) |
| Normal           | 3.070 |
| Lognormal        | 3.127 |
| Exponential      | 3.704 |
| Weibull          | 3.048 |

**Gambar 6.** Hasil uji distribusi komponen pemanas (heater)

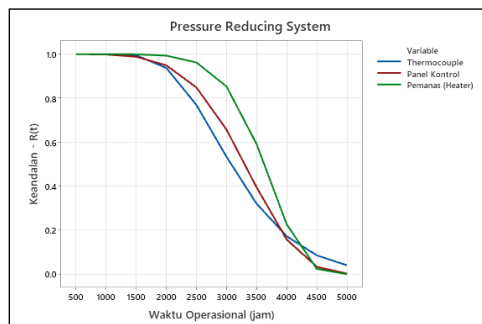
Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 6, distribusi *weibull* menunjukkan nilai *Average Goodness of Fit* (AVGOF) terkecil, yang mengindikasikan bahwa distribusi ini merupakan model paling sesuai untuk merepresentasikan data waktu kegagalan (*Time to Failure*) komponen pemanas (*heater*). Hasil perhitungan lebih lanjut menunjukkan bahwa distribusi *weibull* memiliki nilai Adjusted Anderson-Darling (AD) sebesar 3.048, yang merupakan nilai terendah dibandingkan distribusi lainnya. Berdasarkan pengujian, diperoleh nilai parameter  $\beta = 7.77255$  dan  $\eta = 3801.17$ .



**Gambar 7.** Grafik perbandingan nilai keandalan terhadap interval perawatan 3.305 jam

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 7, diketahui bahwa tingkat keandalan komponen pemanas (*heater*) mencapai nilai 0.7 pada waktu operasional sebesar 3.305 jam. Oleh karena itu, pemanas (*heater*) paling andal dengan  $R(t)=0.853$  (Tabel 2) dengan interval 138 hari, didukung nilai  $\beta$  tinggi (7.77) yang mengindikasikan ketahanan terhadap stres termal.

#### Perbandingan Nilai Keandalan Komponen Mesin PRS Pada $t = 3000$ jam



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Keandalan Mesin PRS

Tabel 2. Nilai Keandalan Komponen Mesin PRS pada  $t = 3000$

| Komponen                  | Nilai Keandalan |
|---------------------------|-----------------|
| Pemanas ( <i>heater</i> ) | 0.853116        |
| Panel kontrol             | 0.656992        |
| Thermocouple              | 0.533380        |

Berdasarkan grafik perbandingan serta data pada Tabel 1, komponen yang menunjukkan kinerja paling optimal pada interval perawatan  $t=3000$  jam adalah pemanas (*heater*), dengan nilai keandalan sebesar 0.8531. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa hanya komponen pemanas (*heater*) yang tetap berada dalam kategori andal jika menerapkan interval perawatan sebesar 3000 jam. Sebaliknya, penerapan interval perawatan yang sama pada komponen panel kontrol dan *thermocouple* tidak menghasilkan tingkat keandalan yang optimal.

Berdasarkan hasil analisis kuantitatif untuk menentukan interval perawatan optimal, sehingga menghasilkan interval yang lebih presisi yaitu komponen *thermocouple* dengan interval waktu 2.654 jam, panel kontrol dengan interval waktu 2.825 jam, dan pemanas dengan interval waktu 3.305 jam. Hasil interval *thermocouple* (2.654 jam) lebih pendek daripada temuan [24] pada gas turbin (3.000 jam), karena faktor lingkungan berdebu dan korosif di PRS. Sementara itu, *heater* memiliki kinerja lebih baik (3.305 jam), mendukung studi [11] bahwa komponen pemanas berbasis logam memiliki *reliability* tinggi.

#### Analisa Kualitatif

Penelitian ini melakukan evaluasi kualitatif yang berfokus pada analisis fungsi sistem (*system function*) dan identifikasi potensi kegagalan fungsi (*functional failure*) dari komponen utama sub-sistem PRS. Hasil evaluasi kemudian diolah menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *decision worksheet* untuk mendukung pengambilan keputusan dalam menentukan strategi perawatan optimal, sebagaimana tercantum dalam Lampiran 1 dan 2. Analisis mengungkapkan bahwa *thermocouple* (RPN=224) memiliki *failure mode* berupa sensor tidak terkalibrasi akibat paparan kotoran dan korosi, yang berdampak pada kesalahan pembacaan suhu sehingga berpotensi menyebabkan ketidakstabilan distribusi gas. Sementara itu, Panel Kontrol (RPN=168) menunjukkan *failure mode* berupa gangguan arus listrik akibat kerusakan *relay* atau kabel longgar, dengan dampak matinya mesin secara mendadak yang mengganggu pasokan gas. Pada pemanas (*heater*) dengan RPN=150, *failure mode* yang teridentifikasi adalah kerusakan elemen pemanas karena keausan termal, yang mengurangi efisiensi pemanasan gas. Temuan RPN tertinggi pada *thermocouple* sejalan dengan penelitian [7] yang menyoroti kerentanan sensor dalam lingkungan korosif. Rekomendasi *scheduled discard task* (penggantian terjadwal) yang diusulkan juga sesuai dengan prinsip RCM Moubray [16] untuk komponen berisiko kegagalan tinggi. *Thermocouple* (RPN=224) memerlukan penggantian sensor setiap 110 hari untuk mencegah kesalahan diagnosis tekanan (Gambar 3), sekaligus menghemat biaya *downtime* hingga 30% [24]. Sementara itu, pada Panel Kontrol, inspeksi kabel setiap 117 hari dapat mengurangi risiko *overload* listrik, sesuai dengan temuan [7] yang menekankan pentingnya perawatan preventif pada sistem kelistrikan. Di sisi lain, Pemanas membutuhkan penggantian elemen setiap 138 hari agar efisiensi termalnya tetap terjaga, sejalan dengan rekomendasi [25] untuk komponen termal.

## Simpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa pembahasan terhadap sistem *Pressure Reducing System* (PRS) di PT. Affandra Energi Indonesia maka diperoleh analisis kuantitatif, interval waktu perawatan komponen pada waktu operasional 3.000 jam yang saat ini diterapkan oleh PT Affandra Energi Indonesia hanya menunjukkan hasil optimal pada komponen pemanas (*heater*). Sementara itu, komponen *thermocouple* menunjukkan performa yang paling tidak optimal. Hasil perhitungan nilai keandalan  $R(t)=0.7$  menunjukkan bahwa interval perawatan optimal untuk masing-masing komponen utama yaitu, komponen *thermocouple* setiap 2.654 jam operasional atau sekitar 110 hari, komponen panel kontrol setiap 2.825 jam operasional atau sekitar 117 hari, dan komponen pemanas (*heater*) setiap 3.305 jam operasional atau sekitar 138 hari. Berdasarkan hasil analisa kualitatif penerapan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) melalui *decision worksheet* menunjukkan bahwa seluruh *failure mode* dapat dicegah dengan perawatan terjadwal *scheduled discard task*, sehingga meningkatkan keandalan sistem dan menghindari kerusakan fatal. Temuan ini merekomendasikan penyesuaian interval perawatan berbasis keandalan untuk memaksimalkan kinerja sistem PRS.

PT. AEI sebaiknya mengintegrasikan jadwal perawatan berbasis temuan penelitian ini ke dalam sistem *Enterprise Asset Management* (EAM) dan melatih teknisi secara berkala untuk pemantauan kondisi komponen, dan menerapkan *predictive maintenance* dengan sensor *IoT* guna memantau kinerja *thermocouple* dan *heater* secara *real-time*. Penelitian lanjutan diharapkan dapat mempertimbangkan aspek ekonomi, seperti analisis biaya perawatan (*cost-based maintenance decision*), agar keputusan terkait tindakan pemeliharaan tidak hanya berdasarkan aspek teknis, tetapi juga mempertimbangkan efisiensi dan efektivitas biaya.

## Daftar Pustaka

- [1] C. Wibowo, F. M. Dewadi, M. Muryanto, and D. Setiawan, "Pembuatan Compressed Natural Gas (CNG) Pressure Reduction System (PRS) Kapasitas 15 NM<sup>3</sup>/H," *Eng. Technol. Int. J.*, vol. 6, no. 01, pp. 14–21, 2024, doi: 10.55642/eatij.v6i01.633.
- [2] R. Sihab and W. Setiafindari, "Manajemen Pemeliharaan Mesin Spotwelding Dengan Menerapkan Total Productivity Maintenance Di Pt Indonesia Thai Summit Auto," *J. Ilm. Tek. Mesin, Elektro dan Komput.*, vol. 2, no. 3, pp. 154–166, 2022, doi: 10.51903/juritek.v2i3.423.
- [3] M. R. Abidin, S. S. Dahda, and D. Andesta, "Perencanaan Penjadwalan Perawatan Mesin Wheel Loader Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance Di Pt. Swadaya Graha," *JUSTI (Jurnal Sist. dan Tek. Ind.)*, vol. 2, no. 1, p. 119, 2021, doi: 10.30587/justicb.v2i1.3221.
- [4] R. M. Simanungkalit, S. Suliawati, and T. Hernawati, "Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Cement Mill Type Tube Mill di PT Cemindo Gemilang Medan," *Blend Sains J. Tek.*, vol. 2, no. 1, pp. 72–83, 2023, doi: 10.56211/blendsains.v2i1.199.
- [5] N. Pau and A. Asngadi, "Analisis Pemeliharaan Mesin Pembuat Tahu (Studi Pada Pabrik Tahu Mitra Cemangi Di Kota Palu)," *J. Ilmu Manaj. Univ. Tadulako*, vol. 7, no. 3, pp. 248–257, 2021, doi: 10.22487/jimut.v7i3.242.
- [6] S. B. Rahardjo and A. R. Widya, "Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Fault Tree Analyze (FTA) Pada Mesin Cetak Lembar (Studi Kasus Percetakan XYZ Di Cikarang)," *J. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 30–37, 2021.
- [7] R. Bachrul Ulum, Tarman, H. Firmansyah, and R. F. Ramdhani, "Reliability Centered Maintenance (Rcm) Dalam Menganalisis Precision Air Conditioning (Pac) Di Pt Xyz," *J. Teknol.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–8, 2023, doi: 10.51132/teknologika.v13i1.239.
- [8] I. F. Hutasoit, N. H. Djanggu, F. C. Putri, J. T. Industri, and U. Tanjungpura, "Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Pada Departemen Pencacahan Karet Di PT. XYZ," vol. 9, no. 2, pp. 320–330, 2025.
- [9] M. R. Akbar and W. Widiasih, "Analisis Perawatan Mesin Bubut dengan Metode Preventive Maintenance Guna Menghindari Kerusakan Secara Mendadak dan Untuk Menghitung Biaya Perawatan," *J. SENOPATI Sustain. Ergon. Optim. Appl. Ind. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 32–45, 2022, doi: 10.31284/j.senopati.2022.v4i1.3086.
- [10] I. G. Oka Mahendra, F. T. Dwi Atmaji, and J. Alhilman, "Proposed Maintenance Policy Design on Paving Molding Machine Using Reliability and Risk Centered Maintenance (RRCM) Method at PT XYZ," *Opsi*, vol. 14, no. 2, p. 231, 2021, doi: 10.31315/opsi.v14i2.5477.
- [11] O. D. Adenuga, O. E. Diemuodeke, and A. O. Kuye, "Development of Maintenance Management Strategy Based on Reliability Centered Maintenance for Marginal Oilfield Production Facilities," *Engineering*, vol. 15, no. 03, pp. 143–162, 2023, doi: 10.4236/eng.2023.153012.
- [12] D. Z. Noor, M. F. Al Alam, Mashuri, J. Sarsetiyanto, and H. Subiyanto, "Perencanaan Sistem Pemeliharaan menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Gas Engine Compressor PT. Perda Daya Gas," *J. Nas. Apl. Mekatronika, Otomasi dan Robot Ind.*, vol. 2, no. 1, 2021, doi:

- 10.12962/j27213560.v2i1.9126.
- [13] C. E. Ebeling, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Third. New York: McGraw-Hill Internasional, 1997.
- [14] B. Rahmanto, F. Setiawan, and E. Sofyan, “Perancangan Aktivitas Pemeliharaan dengan Metode Reliability pada Sistem Main Rotor Blade Helikopter BELL 412EP Studi Kasus Penerbad Semarang,” *J. Appl. Mech. Eng. Renew. Energy*, vol. 2, no. 1, pp. 9–15, 2022, doi: 10.52158/jamere.v2i1.243.
- [15] K. Nisak, E. Nursanti, and T. Priyasmanu, “Analisis Tingkat Keandalan Dan Penentuan Interval Waktu Pemeliharaan Mesin Pompa Air Di Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang,” *J. Valtech*, vol. 5, no. 2, pp. 217–223, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/valtech/article/view/5644>
- [16] J. Moubray, *Reliability Centered Maintenance II*, Second. New York: Industrial Press, 2007.
- [17] A. Padhil, A. Mail, and M. Jannah, “Analisis Pemeliharaan Mesin Swd 1 Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada Pltd Tello,” *J. Manaj. Rekayasa dan Inov. Bisnis*, vol. 2, no. 1, pp. 50–59, 2023, [Online]. Available: <https://journal.iteba.ac.id/index.php/jmrib>
- [18] R. I. Najah, E. Nursanti, and Kiswandono, “Analisis Komponen Kritis Hoist Crane Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT. INKA (Persero),” *J. Valtech (Mahasiswa Tek. Ind., vol. 6, no. 2, pp. 258–263, 2023, [Online]. Available: https://ejournal.itn.ac.id/index.php/valtech/article/view/7425*
- [19] I. Setyawan and A. Bakhtiar, “Pemilihan Strategi Pemeliharaan Preventive Maintenance Excavator Menggunakan Pendekatan Analytical Hierarchy Process ( AHP ) ( Studi Kasus : CV Chandradimuka Makmur Perkasa ),” pp. 1–7.
- [20] A. Ishak, R. M. Sari, and G. H. Sabri, “Perencanaan Sistem Pemeliharaan Mesin Screw Press Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance ( Studi Kasus pada PMKS ),” pp. 324–334, 2023.
- [21] Irfan Faris Rudiana, Enjang Nursolih, and L. Yulia, “Analisis Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) Pada PT. Surya Agrolika Reksa,” *J. Ind. Galuh*, vol. 6, no. 2, pp. 65–74, 2024, doi: 10.25157/jig.v6i2.4079.
- [22] F. Samharil, E. Ismiyah, and E. Dhartikasari Priyana, “Perancangan Pemeliharaan Mesin Filter Press dengan metode FMECA dan Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus PT. XYZ),” *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 2, p. 335, 2022, doi: 10.24014/jti.v8i2.20094.
- [23] A. Sastriawan, “Penjadwalan Pemeliharaan Mesin Produksi Menggunakan Reliability Centered Maintenance,” *J. Teknol.*, vol. 14, no. 1, pp. 26–35, 2024, doi: 10.35134/jitekin.v14i1.113.
- [24] Darmein, Marzuki, Zuhaimi, Fauzi, Nurlaili, and Luthfi, “Gas turbine maintenance optimizing using the reliability-centered maintenance method,” *J. Polimesin*, vol. 21, no. 1, pp. 2023–2025, 2023, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/polimesin>
- [25] G. Nugroho, M. D. Fawwaz, Mashuri, D. M. Soedjono, and J. Sarsetiyanto, “Implementasi Metode Reliability Centered Maintenance pada Mesin Gilingan di PG. Kremboong,” *J. Nas. Apl. Mekatronika, Otomasi dan Robot Ind.*, vol. 2, no. 1, 2021, doi: 10.12962/j27213560.v2i1.9135.

## Lampiran

### Lampiran 1. Analisis Kualitatif FMEA Mesin *Pressure Reducing System*

| Component        | Function                                 | Functional Failure             | Failure Mode                              | Maintainable Item    | Potential Cause(s)           | Failure Effect                             | S<br>e<br>v<br>e<br>r<br>i<br>t<br>y | O<br>c<br>c<br>u<br>r<br>r<br>e<br>n<br>c<br>e | D<br>e<br>t<br>e<br>c<br>t<br>a<br>b<br>i<br>l<br>i<br>t<br>y | R<br>e<br>p<br>a<br>r<br>a<br>b<br>l<br>e<br>n<br>e<br>s<br>s | Recommended Action                          |
|------------------|------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Panel Kontrol    | Mengatur operasi otomatis mesin          | Sistem tidak merespons / error | Gangguan sirkuit, relay rusak, korsleting | Relay, wiring        | Kelembaban, lonjakan listrik | Mesin tidak bisa menyala/berhenti mendadak | 7                                    | 6                                              | 4                                                             | 1                                                             | jadwal inspeksi rutin                       |
| Pemanas (Heater) | Memanaskan elemen sistem sebelum operasi | Tidak memanaskan               | Elemen pemanas putus                      | Heating element      | Usia pakai, arus lebih       | efisiensi rendah                           | 6                                    | 5                                              | 5                                                             | 1                                                             | Penggantian elemen pemanas                  |
| Thermocouple     | Mendeteksi suhu sistem                   | Pembacaan suhu tidak akurat    | Sensor tidak terkalibrasi                 | Kabel sensor, sensor | Getaran, korosi, panas       | Salah diagnosa suhu                        | 8                                    | 7                                              | 4                                                             | 2                                                             | Kalibrasi ulang & ganti sensor tiap 4 bulan |

### Lampiran 2. RCM *Desicion Worksheet*

| Sample 2: RCM Decision Worksheet |                  |                       |    |     |                        |                        |   |   |   |     |    |    |    |                |    |    |                          |
|----------------------------------|------------------|-----------------------|----|-----|------------------------|------------------------|---|---|---|-----|----|----|----|----------------|----|----|--------------------------|
| System                           | Component        | Information Reference |    |     | Maintainable Item      | Consequence Evaluation |   |   |   | RPN | H1 | H2 | H3 | Default Action |    |    | Proposed Task            |
|                                  |                  |                       |    |     |                        |                        |   |   |   |     | S1 | S2 | S3 |                |    |    |                          |
|                                  |                  | F                     | FF | FM  |                        | H                      | S | E | O |     | O1 | O2 | O3 | N1             | N2 | N3 |                          |
| Pressure Reducing System         | Panel Kontrol    | 1                     | 1A | 1A1 | Control Relay & Wiring | Y                      | Y | Y | Y | 168 | N  | N  | Y  | Y              | N  | N  | Inspection & Replacement |
|                                  | Pemanas (Heater) | 1                     | 1A | 1A1 | Heating Element        | N                      | Y | Y | Y | 150 | N  | N  | Y  | Y              | N  | N  | Inspection & Replacement |
|                                  | Thermocouple     | 1                     | 1A | 1A1 | Temperature Sensor     | Y                      | Y | Y | Y | 224 | N  | N  | Y  | Y              | N  | N  | Inspection & Replacement |