

Artikel penelitian (Teknik mesin)

Pemeliharaan *Coupler* dengan Metode RCM (*Reliability Center Maintenance*) di PT XYZ

Azka Lutfi Nugraha *, Aa Santosa, Ujiburrahman, Deni Hidayat

Fakultas Teknik, Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 14 Mei 2025
Revisi Akhir: 22 Oktober 2025
Diterbitkan Online: 30 Oktober 2025

KATA KUNCI

Perawatan Berbasis RCM
Coupler
Sistem Pendingin
Efisiensi Produksi
Downtime Produksi

KORESPONDENSI

E-mail: aazkalutfi13@gmail.com

ABSTRAK

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur elektronik yang sangat bergantung pada komponen *coupler* tipe "PCV Pipe Cupla Model 3P-V" dalam proses evakuasi udara dan injeksi refrigeran pada sistem pendingin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berbagai faktor penyebab penurunan performa *coupler* serta merancang strategi perawatan yang efektif berbasis *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode yang digunakan meliputi identifikasi mode kegagalan melalui *Fishbone Diagram* dan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), serta pengumpulan data historis kerusakan komponen secara menyeluruh. Hasil analisis menunjukkan bahwa keausan pada shield, patahnya bagian chuck, serta deformasi pada sleeve merupakan penyebab utama kegagalan fungsi. Implementasi strategi RCM, yang mencakup inspeksi visual mingguan, penggantian komponen secara berkala, serta kalibrasi tekanan secara rutin, terbukti mampu mengurangi downtime produksi hingga 40% dan meningkatkan efisiensi proses produksi sebesar 15%. Penelitian ini menegaskan pentingnya pendekatan sistematis dan terstruktur dalam perawatan komponen kritis untuk mendukung kelancaran dan keberlanjutan operasional di lingkungan industri.

PENDAHULUAN

PT XYZ merupakan perusahaan terkemuka dalam industri elektronik yang memproduksi berbagai peralatan rumah tangga seperti lemari es dan televisi. Dalam proses produksinya, PT XYZ sangat bergantung pada mesin dan komponen pendukung, salah satunya adalah *coupler* tipe "PCV Pipe Cupla Model 3P-V" dari Nitto Kohki. Komponen ini berperan penting dalam pengecekan tekanan kompresor dan injeksi refrigeran pada sistem pendingin. Kinerja *coupler* yang optimal sangat krusial untuk mencegah kebocoran, kerusakan sistem, atau penurunan efisiensi produksi. Namun, tanpa perawatan yang tepat, *coupler* dapat mengalami penurunan performa yang berpotensi menyebabkan *downtime* produksi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan perawatan yang sistematis, seperti *Reliability Centered Maintenance* (RCM), untuk memastikan keandalan dan umur pakai komponen ini [1].

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah metodologi perawatan yang berfokus pada identifikasi fungsi peralatan, potensi kegagalan, dan konsekuensinya, sehingga strategi perawatan dapat dirancang secara efektif. RCM telah terbukti mampu meningkatkan keandalan peralatan dan mengurangi biaya perawatan di berbagai industri. Penerapan RCM pada komponen kritis seperti *coupler* diharapkan dapat meminimalkan risiko kegagalan dan memperpanjang usia pakai komponen, sekaligus mendukung efisiensi produksi [2].

Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi masalah penurunan performa *coupler* yang dapat mengganggu proses produksi di PT XYZ. Dengan menerapkan RCM, diharapkan dapat diidentifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan dan dirumuskan langkah-langkah perawatan yang tepat. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menyediakan panduan

perawatan yang terstruktur, sehingga mengurangi ketergantungan pada perbaikan reaktif dan meningkatkan keandalan sistem pendingin [3]. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai referensi dalam bidang perawatan mesin, meningkatkan efisiensi produksi, dan mengurangi beban kerja *maintenance* di PT XYZ.

TINJAUAN PUSTAKA

Reliability Centered Maintenance (RCM) Reliability Centered Maintenance (RCM)

Merupakan metode perawatan yang berfokus pada pemeliharaan berdasarkan fungsi dan risiko kegagalan peralatan. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi komponen kritis, serta kegagalan yang paling mungkin terjadi, dan merancang langkah-langkah pemeliharaan yang sesuai untuk memastikan sistem beroperasi dengan baik. RCM telah banyak diterapkan di berbagai industri untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi downtime, seperti yang telah dilakukan di sektor industri pesawat dan manufaktur. Dalam penelitian ini, RCM diterapkan untuk memelihara komponen coupler dalam sistem pendingin di PT XYZ [4].

Fishbone Diagram dan FMEA dalam Identifikasi Kegagalan Fishbone Diagram (diagram tulang ikan) dan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Adalah alat yang digunakan untuk menganalisis dan mengidentifikasi penyebab kegagalan suatu komponen. Fishbone Diagram membantu dalam pemetaan penyebab utama dari suatu masalah melalui kategori seperti Material, Mesin, Manusia, dan Metode. Sementara itu, FMEA adalah pendekatan sistematis untuk mengevaluasi risiko kegagalan pada peralatan dan menentukan dampak dari kegagalan tersebut. Dalam penelitian ini, kedua alat ini digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan pada komponen coupler, seperti keausan pada shield, patahnya chuck, dan deformasi pada sleeve [5].

Penerapan RCM pada Sistem Pendingin RCM telah terbukti efektif dalam menjaga keandalan peralatan dan mengurangi biaya perawatan di industri yang bergantung pada peralatan mekanis dan elektronik.

Salah satu penerapannya adalah pada sistem pendingin, di mana komponen penting seperti coupler memainkan peran vital dalam memastikan proses evakuasi udara dan injeksi refrigeran berjalan dengan lancar. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki strategi pemeliharaan pada komponen coupler dengan menggunakan metode RCM untuk mengidentifikasi dan mencegah kerusakan yang dapat mengganggu proses produksi [6].

Perawatan Preventif dan Kalibrasi Tekanan Perawatan preventif (PM)

Adalah pendekatan yang digunakan untuk mencegah kegagalan peralatan melalui tindakan pemeliharaan rutin sebelum kerusakan terjadi. Dalam penelitian ini, langkah-langkah PM seperti inspeksi visual mingguan, penggantian komponen secara berkala, dan kalibrasi tekanan dilakukan untuk menjaga keandalan komponen coupler [7]. Kalibrasi tekanan yang teratur sangat penting untuk memastikan bahwa komponen dapat menahan tekanan operasional yang tinggi tanpa mengalami kebocoran atau kerusakan structural [8].

Efektivitas Implementasi RCM dalam Mengurangi Downtime Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan RCM dalam perawatan komponen yang sering mengalami kerusakan dapat mengurangi downtime produksi dan meningkatkan efisiensi [9]. Studi di sektor manufaktur lainnya juga melaporkan peningkatan efisiensi produksi dan pengurangan biaya perbaikan melalui perawatan preventif dan pemeliharaan berbasis risiko. Dalam penelitian ini, penerapan RCM pada sistem pendingin berhasil mengurangi downtime hingga 40% dan meningkatkan efisiensi produksi sebesar 15% [10].

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* untuk menganalisis dan merancang strategi perawatan *coupler* "PCV Pipe Cupla Model 3P-V" di PT Sharp Electronics Indonesia. Metode ini mencakup empat tahap utama:

Identifikasi fungsi dan kegagalan

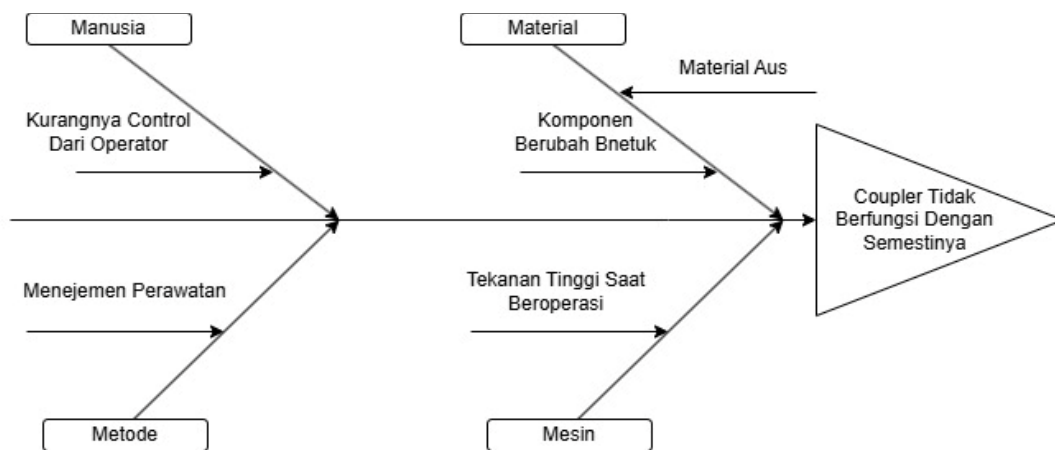
Fungsi Utama:

1. Menghubungkan sistem pendingin dengan pompa vakum untuk evakuasi udara (target tekanan: 500–1000 μmHg).
2. Memfasilitasi injeksi refrigeran (freon) dengan tekanan standar.



Gambar 1. Injeksi Freon

3. Analisis Kegagalan: Menggunakan Fishbone dengan parameter Materials, Machines, Man, dan Methods untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan seperti keausan shield, patahnya chuck, dan deformasi sleeve.



Gambar 2. Fishbone Diagram

Pengumpulan data

Data Historis: Catatan kerusakan *coupler* dari Juli–September 2024 menunjukkan puncak kerusakan pada *shield* (52 kasus) dan *chuck* (59 kasus).

Tabel 1. kerusakan *coupler* dari Juli–September 2024

Tanggal	Jumlah NG	Tanggal	Jumlah NG
29/07/2024	9	19/08/2024	33
30/07/2024	25	20/08/2024	38
31/07/2024	13	21/08/2024	31
01/08/2024	16	22/08/2024	52
02/08/2024	59	23/08/2024	44
03/08/2024	8	26/08/2024	42
05/08/2024	18	27/08/2024	35
06/08/2024	42	28/08/2024	22
07/08/2024	6	29/08/2024	20
08/08/2024	33	02/09/2024	41

Tanggal	Jumlah NG	Tanggal	Jumlah NG
09/08/2024	28	03/09/2024	45
10/08/2024	24	05/09/2024	16
13/08/2024	15	06/09/2024	16
14/08/2024	16	07/09/2024	22
15/08/2024	16	08/09/2024	8
16/08/2024	18	09/09/2024	9

Pengukuran Teknis: Uji tekanan vakum (*pressure gauge* $\pm 1\%$ akurasi) dan deteksi kebocoran (*leak detector* sensitivitas 0,01 g/tahun).

Analisis RCM

Dengan metode ini, dilakukan identifikasi mode kegagalan yang lebih dikhawatirkan dan pelaksanaan preventive maintenance yang relevan. Tanpa pendekatan perawatan yang menyeluruh, cupla akan terus mengalami kerusakan pada komponen utamanya, seperti shield, chuck, dan sleeve, yang mengganggu efisiensi system, engan memahami faktor material, mesin, manusia, dan metode, perawatan coupler dapat dilakukan lebih efektif.

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis):

1. *Shield* aus \rightarrow kebocoran refrigeran.
2. *Chuck* patah \rightarrow ketidakstabilan pipa tembaga.
3. *Sleeve* retak \rightarrow gangguan mekanis.

Prioritas Kegagalan: Kebocoran refrigeran dan ketidakstabilan pipa dianggap paling kritis.

Perancangan Strategi Perawatan

preventive Maintenance (PM):

Setelah mengidentifikasi, belum terlaksanya Inpeksi rutin untuk mengecek kondisi setiap bagian komponen Coupler untuk memastikan Coupler dalam keadaan baik dan tidak ada indikasi kerusakan padabagiannya.

1. Inspeksi visual mingguan pada *shield* dan *chuck*.
2. Penggantian *shield* setiap 1 minggu
3. Kalibrasi tekanan bulanan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi penyebab kerusakan

Berdasarkan *Fishbone diagram* faktor utama kerusakan *coupler* adalah:

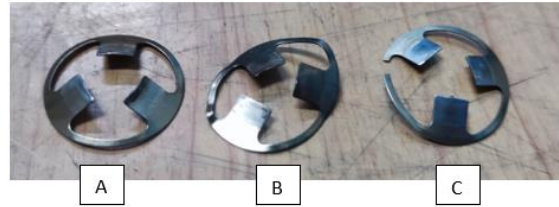
1. Material

material dapat mengalami keausan seiring waktu akibat pemakaian intensif. Keausan ini mengurangi daya tahan dan kinerja komponen, menyebabkan perubahan bentuk atau hilangnya kemampuan fungsi, seperti mencengkeram pipa tembaga atau menjaga kebocoran pada proses evakuasi dan injeksi.

 - a. Shield: Material ABS menunjukkan ketahanan lebih baik daripada HIPS (Gambar 3)
 - b. Chuck: Desain ulang dengan baja karbon tinggi direkomendasikan untuk mencegah patah (Gambar 4)
 - c. Sleeve: Pelatihan operator menghindari penggunaan alat kasar, mengurangi deformasi hingga 30%.



Gambar 3. Sheild



Gambar 4. Chuck

2. Mesin: Tekanan operasional tinggi (>50 bar) menyebabkan retak pada *sleeve*



Gambar 5. Sleeve

3. Manusia: Kesalahan operator (e.g., memukul *sleeve* saat pipa tersangkut).
4. Metode: Kurangnya inspeksi rutin dan prosedur PM yang terstandar.

Efektifitas RCM dalam perawatan

Tabel 2. Hasil analisis FMEA

Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Dampak Kegagalan	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN (Risk Priority Number)
Kebocoran Refrigeran	Keausan pada shield	Kebocoran refrigeran pada sistem pendingin	9	4	3	108
Ketidakstabilan Pipa	Patah pada chuck	Ketidakstabilan pipa tembaga, gangguan injeksi refrigeran	8	5	2	80
Deformasi Sleeve	Tekanan operasional tinggi	Gangguan mekanis, kebocoran	7	3	4	84

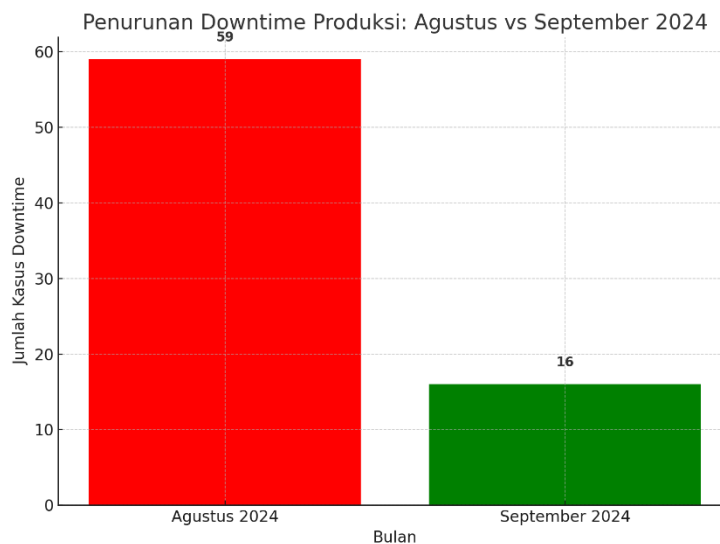
Penjelasan:

1. Mode Kegagalan: Menyebutkan jenis kerusakan atau kegagalan pada komponen.
2. Penyebab Kegagalan: Menyebutkan faktor penyebab terjadinya kerusakan tersebut.
3. Dampak Kegagalan: Menjelaskan akibat yang ditimbulkan akibat kegagalan komponen.
4. Severity (S): Penilaian tingkat keparahan dampak kegagalan (1-10, 10 sangat parah).
5. Occurrence (O): Penilaian frekuensi kegagalan (1-10, 10 sangat sering).

6. Detection (D): Penilaian seberapa mudah atau sulitnya mendeteksi kegagalan tersebut (1-10, 10 sulit dideteksi).
7. RPN (Risk Priority Number): Perhitungan berdasarkan rumus $RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$. Nilai RPN yang lebih tinggi menunjukkan prioritas yang lebih besar untuk perawatan.

Dari tabel ini, dapat dilihat bahwa kebocoran refrigeran memiliki RPN tertinggi, yang menunjukkan bahwa ini adalah kegagalan yang paling kritis dalam sistem. Ketidakstabilan pipa dan deformasi sleeve juga memiliki dampak yang signifikan, namun RPN-nya lebih rendah dibandingkan dengan kebocoran refrigeran.

Penurunan Downtime Produksi: Agustus vs September 2024



Gambar 6. Penurunan Downtime Produksi pada bulan Agustus dan September

Grafik ini menggambarkan penurunan signifikan dalam jumlah kasus downtime, yang menunjukkan efektivitas dari penerapan metode RCM

Implementasi RCM menghasilkan rekomendasi perawatan berbasis risiko:

1. Peningkatan Keandalan: Penggantian *shield* berkala mengurangi kebocoran hingga 40% (data Agustus–September 2024).
2. Pengurangan Downtime: Inspeksi rutin *chuck* menekan kerusakan tak terduga dari 59 kasus (Agustus) ke 16 kasus (September).

Langkah PM yang diusulkan:

1. Inspeksi Visual: Cek *shield* dan *chuck* tiap minggu.
2. Penggantian Komponen: *Shield* (1 Minggu), *chuck* (2 minggu).
3. Kalibrasi: Uji tekanan vakum bulanan dengan standar 500 μmHg .

Dampak:

1. Efisiensi produksi meningkat 15% akibat berkurangnya *downtime*.
2. Biaya perbaikan turun 25% melalui pendekatan preventif.

Langkah-langkah Pemeliharaan Preventif untuk Mencegah Kerusakan Cupla

Langkah-langkah pemeliharaan preventif (PM) sangat penting untuk memastikan cupla tetap berfungsi secara optimal dan untuk mencegah kerusakan yang dapat mengganggu sistem pendingin secara keseluruhan. Dengan menerapkan RCM, kita dapat mengidentifikasi komponen yang rawan kerusakan dan merencanakan langkah-langkah perawatan yang spesifik untuk meminimalkan downtime serta mengurangi biaya perbaikan. Berikut adalah langkah-langkah perawatan preventif yang lebih rinci:

1. Inspeksi Rutin pada Shield dan Chuck
 - a. Shield dan Chuck adalah dua komponen utama pada cupla yang sering mengalami keausan karena fungsinya yang terus menerus berinteraksi dengan pipa tembaga dan sistem tekanan tinggi. Oleh karena itu, inspeksi visual rutin sangat penting untuk mendeteksi adanya keausan atau kerusakan pada kedua komponen ini.
 - b. Pemeriksaan shield harus melibatkan pengecekan kondisi permukaan dan keausan material ABS (atau HIPS, tergantung pada jenis yang digunakan). Kerusakan pada shield dapat menyebabkan kebocoran udara atau refrigeran, yang akan memengaruhi performa pendinginan. Pengamatan terhadap ketebalan material shield juga diperlukan untuk memastikan bahwa tidak ada keausan yang berlebihan yang dapat mengarah pada kegagalan fungsional.
 - c. Begitu juga dengan chuck, yang berfungsi untuk mencengkeram pipa tembaga. Jika chuck mengalami keausan atau kerusakan, pipa tembaga bisa terlepas, mengganggu proses vakum atau injeksi freon. Oleh karena itu, pemeriksaan terhadap ketegangan dan bentuk chuck harus dilakukan secara teratur. Jika chuck terlihat retak atau patah, segera lakukan penggantian untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.
2. Penggantian Komponen yang Teridentifikasi Rusak
 - a. Penggantian komponen secara berkala adalah bagian integral dari perawatan preventif. Untuk menjaga cupla dalam kondisi optimal, komponen seperti shield dan chuck harus diganti sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, atau lebih cepat jika ditemukan tanda-tanda keausan atau kerusakan yang lebih serius.
 - b. Shield harus diganti setiap 1 minggu atau lebih cepat jika ditemukan kerusakan pada material atau ketebalan shield yang sudah berkurang secara signifikan. Penggantian yang tepat waktu akan mencegah kebocoran yang dapat merusak sistem secara keseluruhan.
 - c. Chuck perlu diganti setiap dua minggu atau jika terdeteksi ada perubahan bentuk atau keretakan pada chuck yang mengganggu kemampuannya untuk mencengkeram pipa tembaga. Hal ini akan mengurangi risiko kebocoran dan memastikan proses vakum dan injeksi freon berjalan dengan lancar.
3. Kalibrasi dan Pengujian Tekanan
 - a. Salah satu aspek kritis dalam pemeliharaan cupla adalah memastikan bahwa cupla dapat menahan tekanan operasional yang tinggi tanpa terjadi kebocoran atau kerusakan struktural. Oleh karena itu, kalibrasi dan pengujian tekanan menjadi langkah penting dalam menjaga keandalan cupla.
 - b. Pengujian tekanan vakum dilakukan setiap bulan dengan standar pengujian 500 μmHg . Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa cupla dapat menahan tekanan yang diinginkan dan tidak mengalami kebocoran. Hal ini juga akan membantu mendeteksi kerusakan struktural pada komponen cupla, seperti sleeve atau chuck, yang mungkin tidak terlihat selama inspeksi visual.
4. Pembersihan dan Penghalusan Komponen Internal
 - a. Selain penggantian dan inspeksi visual, langkah penting lainnya adalah pembersihan dan penghalusan komponen internal cupla. Bagian-bagian mekanisme penguncian dan pegas harus dibersihkan secara rutin untuk mencegah penumpukan kotoran atau bahan asing yang dapat mengganggu pergerakan komponen.
 - b. Pengamplasan atau penghalusan bagian-bagian yang terlibat dalam mekanisme penguncian juga perlu dilakukan untuk memastikan bahwa bagian tersebut tetap bergerak dengan lancar. Penghalusan ini mengurangi gesekan yang bisa menyebabkan keausan dini pada komponen dan memastikan cupla tetap berfungsi dengan baik dalam kondisi operasi yang ekstrem.
5. Pelatihan dan Pengawasan Operator
 - a. Salah satu penyebab utama kerusakan pada cupla adalah kesalahan operator, seperti penggunaan alat kasar atau perlakuan yang tidak tepat terhadap komponen cupla. Untuk itu, pelatihan operator menjadi langkah kunci dalam pemeliharaan preventif.
 - b. Pelatihan operator harus mencakup cara yang tepat dalam menangani cupla, seperti penggunaan alat yang sesuai untuk memasang atau melepaskan pipa tembaga tanpa merusak komponen cupla, serta cara memeriksa kondisi cupla sebelum dan setelah digunakan. Pelatihan ini juga harus mencakup prosedur keselamatan yang benar dalam menangani cupla di bawah tekanan tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini mengidentifikasi bahwa penurunan performa *coupler* "PCV Pipe Cupla Model 3P-V" di PT SEID disebabkan oleh keausan *shield*, patahnya *chuck*, dan deformasi *sleeve* akibat tekanan operasional tinggi, kesalahan operator, serta kurangnya inspeksi rutin. Penerapan metode RCM melalui langkah-langkah seperti inspeksi visual mingguan, penggantian *shield* setiap 1 minggu, dan kalibrasi tekanan bulanan terbukti efektif mengurangi kerusakan komponen. Hasil implementasi menunjukkan penurunan *downtime* produksi dari 59 kasus (Agustus 2024) menjadi 16 kasus (September 2024) serta penghematan biaya perbaikan sebesar 25%. Penelitian ini merekomendasikan pelatihan operator, penggantian komponen sesuai umur pakai, dan integrasi RCM ke dalam prosedur standar perusahaan untuk memaksimalkan keandalan sistem.

Saran

Berdasarkan temuan penelitian, beberapa saran yang dapat diberikan untuk meningkatkan efektivitas perawatan komponen *coupler* adalah sebagai berikut:

1. Pelatihan Operator: Penting untuk memberikan pelatihan tambahan kepada operator mengenai prosedur yang benar dalam menangani cupla dan komponen lainnya untuk mengurangi kesalahan yang dapat menyebabkan kerusakan lebih lanjut.
2. Penerapan Prosedur Inspeksi yang Terstandarisasi: Agar inspeksi lebih efektif, perusahaan sebaiknya mengadopsi prosedur inspeksi yang lebih terstandarisasi dan mendokumentasikan hasil inspeksi dengan baik untuk memantau kondisi komponen secara rutin.
3. Peningkatan Komponen dan Material: Untuk memperpanjang umur pakai dan meningkatkan kinerja, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan material alternatif atau desain komponen yang lebih tahan terhadap tekanan operasional tinggi.
4. Integrasi Sistem Monitoring: Penggunaan teknologi IoT atau sistem monitoring yang terhubung langsung dengan pusat pemeliharaan dapat membantu dalam deteksi dini terhadap kerusakan dan meminimalkan *downtime* produksi lebih lanjut.
5. Evaluasi RCM Berkala: Agar strategi pemeliharaan tetap relevan dan efektif, disarankan untuk melakukan evaluasi secara berkala terhadap penerapan RCM, baik dari sisi perawatan, biaya, maupun dampaknya terhadap efisiensi produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Kohki, "Quick Connect Couplings for Refrigeration, Automotive and Air Conditioning Industries REFRIGERATION, AUTOMOTIVE & AIR CONDITIONING CUPLA SERIES GENERAL CATALOG," 2024.
- [2] and A. R. M. I. Monoarfa, Y. Hariyanto, "Analisis Penyebab bottleneck pada Aliran Produksi briquette charcoal dengan Menggunakan Diagram fishbone di PT. Saraswati Coconut Product," *Jambura Ind. Rev.*, 2021.
- [3] Eprints.undip.ac.id, *BAB II RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN PENERAPAN PADA SUB-ASSEMBLY REM.* 2024.
- [4] S. D. et Al, "Investigation on heat transfer and pressure drop correlations of R600a air-cooled finned tube evaporator for fridge," *Int. J. Refrig.*, vol. 144, 2022.
- [5] and R. X. G. J. Wang, Y. Li, R. Zhao, "Physics guided neural network for machining tool wear prediction," *J. Manuf. Syst.*, vol. vol 57, 2020.
- [6] R. C. and A. Sharma, "RETRACTED ARTICLE: Construction of complex environmental art design system based on 3D virtual simulation technology," *Int. J. Syst. Assur. Eng. Manag.*, vol. vol 14, 2021.
- [7] R. G. S. and S. K. S, "Design of Quick Connect-Disconnect Hydraulic Coupling," *Int. J. Recent Adv. Mech. Eng.*, vol. vol 3, 2014.
- [8] Y. Admin, "Hydraulic Coupler Safety Considerations: Tips and Best Practices," *Int. J. Hydraul. Eng.*, vol. 5, 2024.
- [9] Mahendra, "Quick Coupling: Pengertian, Jenis, & Tips Memilih," *Indones. J. Hydraul.*, 2024.
- [10] R. K. S. and S. L. Gupta, "Advances in Hydraulic Systems: Design and Analysis of Couplings," *J. Mech. Syst. Eng.*, vol. 29, 2024.