

DOI <http://dx.doi.org/10.36722/sst.v9i2.2785>

Analisa Keandalan Instrumentasi Pada *Lime Kiln Unit* Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) di PT. Indah Kiat *Pulp and Paper Perawang*

Septa Andriyan^{1*}, Jufrizel¹, Aulia Ulah¹, Ahmad Faizal¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Jl. HR. Soebrantas No. 155 Panam, Pekanbaru, 28293.

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: septaandriyan0@gmail.com

Abstract – PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang is a company that prioritizes paper production. There is a crucial unit known as the lime kiln within the company. Issues occurring within this unit often disrupt the overall production process. Therefore, conducting reliability analysis on the instrumentation of this unit is highly important. This research utilizes the Reliability Centered Maintenance (RCM) method. The objective of this study is to determine which devices within the lime kiln are most vulnerable to problems by calculating the Risk Priority Number (RPN) for each component, evaluating the reliability level of these devices, and providing optimal maintenance schedule recommendations. The research findings indicate the sequence of RPN values for lime kiln instrumentation from highest to lowest as follows: temperature sensor 336, on-off valve 288, flow transmitter 252, control valve 245, proximity sensor 240, pressure gauge 216, sensor indication of motorized damper 210. Furthermore, the reliability values of each instrumentation did not meet the threshold set by the Indonesian Industry Standard (SII), which is 0.7. Therefore, it can be concluded that maintenance action is required for these instrumentation devices. Maintenance schedule recommendations for temperature sensor are 252 days, on-off valve 294 days, flow transmitter 293 days, control valve 251 days, proximity sensor 293 days, pressure gauge 352 days, and sensor indication of motorized damper 353 days.

Abstract – PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang adalah sebuah perusahaan yang mengutamakan produksi kertas. Terdapat sebuah unit penting yang disebut lime kiln. Permasalahan yang terjadi pada unit ini seringkali mengganggu proses produksi secara keseluruhan. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan analisis keandalan pada instrumentasi unit tersebut. Penelitian ini menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan perangkat mana dalam lime kiln yang paling rentan terhadap masalah dengan menghitung nilai Risk Priority Number (RPN) untuk setiap komponen, mengevaluasi tingkat keandalan perangkat tersebut, dan memberikan rekomendasi jadwal perawatan yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan urutan nilai RPN instrumentasi lime kiln dari yang terbesar hingga yang paling kecil antara lain Temperature Sensor 336, On Off Valve 288, Flow Transmitter 252, Control Valve 245, Proximity Sensor 240, Pressure Gauge 216, Sensor Indikasi Motorized Damper 210. Kemudian, hasil nilai keandalan dari setiap instrumentasi tidak mencapai batas yang ditetapkan oleh SII (Standar Industri Indonesia) yaitu 0,7. Sehingga dapat disimpulkan bahwa instrumentasi tersebut perlu tindakan perawatan. Rekomendasi jadwal perawatan pada instrumentasi Temperature Sensor 252 hari, On Off Valve 294 hari, Flow Transmitter 293 hari, Control Valve 251 hari, Proximity Sensor 293 hari, Pressure Gauge 352 hari, dan Sensor Indikasi Motorized Damper 353 hari.

Keywords – Keandalan, Instrumentasi, Maintenance, Lime kiln, RCM.

PENDAHULUAN

Salah satu jenis barang yang mempunyai peranan utama dalam kehidupan manusia yakni kertas. Dimana, hal tersebut yang mendorong kebutuhan kertas semakin lama mengalami peningkatan baik dalam ruang lingkup domestik maupun mancanegara. Hal ini sejalan dengan naiknya bahan baku pembuatan kertas[1]. Diprediksi bahwa sepanjang tahun 2050 mendatang dipastikan kurang lebih 60% sampai 70% penduduk atau 9 miliar jiwa masih memanfaatkan kertas dalam kehidupan sehari-hari [2].

Kondisi tersebut menjadikan banyak bermunculan perusahaan yang bergerak di sektor produksi kertas dan *pulp*. Misalnya saja negara Indonesia yang menduduki posisi terbesar ke-10 di dunia sebagai produksi kertas dan terbesar ke-6 sebagai perusahaan penghasil kertas [3]. Salah satu industri kertas yang berada di Indonesia adalah PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang [4].

Dalam memproduksi kertas memiliki beberapa tahapan, salah satunya melalui area *Recausticizing and Lime Kiln* (RC-LK), proses pertama melalui *Recausticizing* (RC) dengan fungsi untuk memproses konversi dari bahan kimia anorganik dari hasil pembakaran pada seksi *Recovery Boiler* (RB) berupa *Green Liquor* (GL) untuk direaksikan dengan kapur bakar (CaO) sehingga menjadi *White Liquor* (WL) yang akan digunakan untuk cairan pemasak di *digester*. Sebelum menuju *digester*, proses kedua harus melalui *unit lime kiln* yang memiliki fungsi membakar batu kapur sehingga menjadi kapur bakar (CaO) [5]. Mengingat pentingnya fungsi dari *unit lime kiln* ini, tentunya tidak terlepas dari masalah berhubungan pada alat-alat instrumentasi beserta komponennya, contohnya seperti mesin berhenti mendadak, kecepatan produksi mesin berkurang, dll. Maka dari itu perlu diberikan perhatian khusus guna menjaga performa yang maksimal pada saat pengoperasiannya dan meminimalisir dampak kerugian bagi perusahaan.

Berdasarkan hasil wawancara dan diskusi dengan *supervisor* yang bekerja di bagian *Recausticizing and Lime Kiln* (RC-LK), beliau mengatakan bahwa terdapat masalah berupa malfungsi yang ditemui pada *unit lime kiln* di RC-LK PT. Indah Kiat Pulp and Paper, yang menyebabkan terganggunya sistem instrumentasi seperti *pressure gauge*, *flow meter*, *on off valve*, *temperature sensor*, *proximity sensor*, *sensor indikasi motorized damper* dan *control valve*. Selain itu masalah lainnya adalah *downtime*, dimana

ini menyebabkan perbedaan antara target produksi terhadap hasil yang diharapkan [6]. Namun, hingga saat ini perusahaan masih menggunakan sistem perawatan *breakdown maintenance* pada area RC-LK, serta apabila dipaksakan untuk beroperasi dapat menyebabkan kerugian untuk perusahaan bahkan kecelakaan kerja.

Sebelum memutuskan metode penelitian yang akan digunakan, penting untuk memahami perbedaan antara metode seperti pada penelitian sebelumnya. Penelitian yang membahas tentang *Analisis Failure Pada Veneer Rotary Machine*. Penelitian ini menggunakan Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA). Hasil analisis menunjukkan bahwa kegagalan komponen *rotary machine* disebabkan oleh kurangnya perawatan pada komponen tersebut. Jenis kegagalan yang sering terjadi meliputi variabel proses yang tidak bisa dikendalikan, komponen yang tidak berfungsi dan tidak dapat beroperasi. Dampak dari kegagalan *rotary machine* termasuk matinya *unit*, ketidakmampuan mengendalikan komponen, dan ketidak mampuan mengoperasikan mesin. Lalu, Hasil uji validitas dan reliabilitas menunjukkan bahwa data yang diperoleh dalam penelitian ini *valid* dan reliabel [7]. Penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk mengembangkan strategi pemeliharaan yang lebih efektif dan mengurangi frekuensi kegagalan pada *rotary machine* di perusahaan tersebut.

Pada Metode FMEA dan LTA yang digunakan pada penelitian sebelumnya, jika dibandingkan dengan Metode RCM, meskipun ketiganya memiliki fokus yang berbeda. Namun RCM menawarkan pendekatan yang lebih menyeluruh dan terstruktur dalam menetapkan strategi pemeliharaan. RCM mempertimbangkan tidak hanya potensi kegagalan dan masa pakai, tetapi juga faktor-faktor lain seperti pentingnya fungsi dan dampaknya terhadap keseluruhan operasional. Oleh karena itu, peneliti tertarik menggunakan Metode RCM karena metode tersebut dianggap lebih lengkap dan efisien dalam mengatur pemeliharaan *unit lime kiln* di RC-LK.

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi langkah-langkah yang diperlukan guna memastikan sistem beroperasi dengan andal dan memenuhi tujuan fungsional yang diinginkan [8]. Aspek yang perlu dipertimbangkan dalam menerapkan Metode RCM adalah tingkat keandalan sistem dan kemungkinan kegagalan dalam sistem tersebut yang dapat diidentifikasi melalui

Pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA merupakan suatu prosedur terstruktur yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah kegagalan dengan menetapkan faktor kualitatif dari komponen kritis serta menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) [9].

Pelaksanaan riset ini bertujuan untuk memeriksa tingkat kerusakan komponen dalam suatu sistem yang mempengaruhi *downtime* pada *lime kiln* dan melakukan perhitungan tingkat keandalan dari masing-masing komponen serta menjadwalkan jenis *maintenance* yang sesuai pada komponen yang sering terjadi kerusakan, serta cara mengatasi *down/trip* saat melakukan perbaikan alat.

Penelitian terkait mengenai keandalan pada *unit lime kiln* diantaranya penelitian mengenai perancangan alat monitoring komponen kritis mesin *tunnel kiln* berbasis mikrokontroler, yang mengalami permasalahan karena digunakan secara *continue*, sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan pada mesin *tunnel kiln*. Penelitian menggunakan Metode RCM untuk menentukan komponen kritis yang ada pada mesin *tunnel kiln*. Berdasarkan hasil perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) pada *burner*, didapatkan nilai MTTF tertinggi pada komponen *burner* dengan mode kegagalan *ignitor* tidak menyala yaitu sebesar 11545,11 jam dalam rentang waktu 3 tahun dengan nilai *Mean Time To Repair* (MTTR) sebesar 10,283 jam [10].

Salah satu peneliti yang melaksanakan riset terkait pengimplementasian metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yakni, Dian Rezha Eka Udi Barutu. Aspek yang menjadi batasan permasalahan dalam riset tersebut yakni instrumentasi *boiler* pada perkebunan kelapa sawit. Kemudian dari hasil uji diperoleh komponen dengan nilai resiko paling tinggi dan paling rendah. Komponen yang mendapatkan nilai resiko paling rendah senilai 56 yakni *water level gauge digital* sedangkan nilai resiko paling tingginya yakni *safety valve* senilai 189. Nilai tersebut akan digunakan sebagai acuan dalam penerapan RCM [6].

Tujuan pengimplementasian Metode RCM yakni meningkatkan keandalan pada sistem *maintenance*. Salah satu mesin untuk memproduksi karton adalah mesin lebur, terjadinya kerusakan pada mesin lebur dikarenakan faktor usia dari mesin. Sehingga dibutuhkan analisis yang akurat terkait *availability* setiap mesin, *Mean Time Between Maintenance* (MTBM), *Mean Time Between Failure* (MTBF), kehandalan mesin, nilai λ dan fungsi

kumulatif dengan melakukan perhitungan distribusi eksponensial menggunakan Metode RCM. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai MTBM yang merepresentasikan jangka perawatan pada mesin lebur yakni setiap 1.161,742 jam dikarenakan nilai keandalan mesin yang relatif rendah hanya senilai 35,7% [11].

Selain itu, ada beberapa riset terdahulu yang membahas mengenai analisa keandalan instrumen pada *recovery boiler* menggunakan Metode RCM PT. Indah Kiat Pulp and Paper. Riset tersebut menyelesaikan persoalan terkait peristiwa meledaknya tangki yang menampung *Black Liquor* (BL) akibat minimnya perawatan, usia bangunan yang sudah tua dan ditunjang adanya *recovery boiler* yang gagal pada *unit* tertentu serta adanya ketidak maksimalan kinerja *control valve* sebagai komponen yang mengatur buka tutupnya tangki. Kemudian dari hasil pengujian yang dilakukan ditemukan nilai RPN yang tinggi pada komponen *safety valve*, *density refractometer*, *flowmeter* dan *control valve*, dimana keempat komponen tersebut membutuhkan perawatan dengan durasi waktu 354 hari kerja untuk *safety valve*, 292 hari kerja untuk *density refractometer*, 352 hari kerja untuk *flowmeter*, dan 298 hari kerja untuk *control valve* [12].

Penelitian yang mengenai perbaikan perawatan Mesin *rotary lathe* dengan RCM menggunakan Pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Pokok persoalan dalam perusahaan tersebut yakni adanya Mesin *rotary lathe* yang memiliki nilai efektivitas tidak melampaui 85% yakni hanya 53,8% terpaut rendah dari standar *world class*, dimana nilai efektivitas tersebut dihitung dengan menerapkan Pendekatan OEE. Kemudian dari hasil evaluasi diperoleh nilai kegagalan sistem yang tinggi pada komponen *steel belt lacing*, *chain conveyor*, *sprocket*, *bearing* 6004 RS, dan *spur knife*. Sehingga kelima komponen tersebut membutuhkan perawatan yang lebih intensif yakni 30 hari untuk *spur knife*, 22 hari untuk *bearing* 6004 RS, dan 69 hari untuk *sprocket*, dimana jangka waktu tersebut merupakan nilai interval optimum berdasarkan hasil hitung total minimum *downtime* [13].

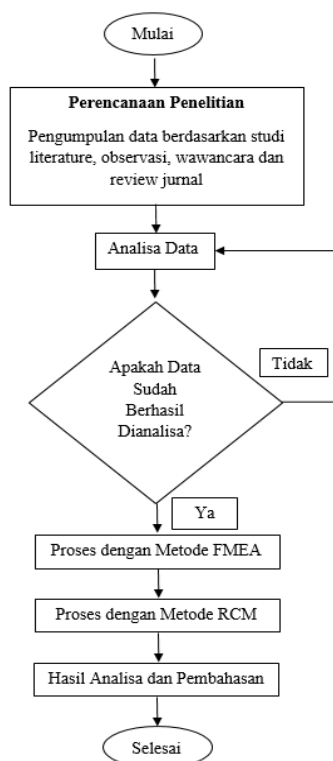
Menurut penulis hasil dari kajian terhadap persoalan pada pembahasan sebelumnya, diperoleh aspek fundamental yang menjadi persoalan dalam perusahaan yakni *downtime*. Efek *downtime* berdampak buruk terhadap aktivitas operasional perusahaan baik dari segi perekonomian, lingkungan, sistem ataupun dari manusianya. Maka dari itu, dibutuhkan metode yang tepat untuk

menangani persoalan *downtime*, yakni RCM. Berdasarkan latar belakang permasalahan, peneliti ingin mengkaji lebih lanjut terkait tingkat keandalan sistem di PT. Indah Kiat Pulp and Paper dengan mengimplementasikan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Adanya evaluasi dan analisis sistem pada PT. Indah Kiat Pulp and Paper yakni guna membantu perusahaan menentukan jadwal perawatan (*maintenance*) yang tepat pada komponen *lime kiln* akibat *downtime*.

METODE

Diagram Alur Penelitian

Agar setiap tahapan yang dilakukan peneliti bisa terpapar dengan jelas. Sebagaimana diagram alur penelitian agar setiap tahapan yang dilakukan peneliti bisa terpapar dengan jelas. Sebagaimana diagram alur penelitian direpresentasikan pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Tahap awal saat melaksanakan riset yakni peneliti menentukan atau mencari peralatan instrumentasi yang berhubungan dengan *unit lime kiln*. Setelah itu, penulis mengidentifikasi fungsi dari masing-masing komponen yang terdapat dalam *lime kiln*. Peneliti melakukan pengumpulan data dari setiap sistem yang mengalami kegagalan dengan melibatkan *function* (berkaitan dengan fungsi komponen),

failure effect (hasil kegagalan), *failure mode* (aspek yang menimbulkan kegagalan), dan *functional failure* (kegagalan fungsi). Sehingga ada empat tahap awal yang dilaksanakan peneliti dari 7 poin pertanyaan dalam pengimplementasian metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk mendapatkan data dari sistem yang akan diteliti. Tahapan berikutnya sesudah memperoleh data riset yakni menganalisis faktor yang menyebabkan kegagalan sistem dengan mengimplementasikan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mendapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dan menentukan komponen yang paling kritis. Kemudian melakukan tahap RCM untuk menentukan jadwal *maintenance* yang optimal.

Pengumpulan data

Metode yang diimplementasikan untuk mengumpulkan data riset yakni studi pendahuluan dengan memanfaatkan jurnal, artikel maupun sejenisnya. Adanya studi pendahuluan memudahkan peneliti mendapatkan referensi terkait metode hingga teori yang berkaitan dengan topik yang diangkat. Disamping melakukan studi pendahuluan, peneliti juga melakukan wawancara dan observasi untuk mendapatkan data riset. Narasumber yang dipilih dalam aktivitas wawancara tersebut yakni pihak yang terlibat langsung dalam peristiwa yang berkaitan dengan topik riset.

Reliability Centered Maintenance (RCM)

RCM adalah metode yang sangat bermanfaat karena dapat mengurangi kegiatan perawatan dan mengurangi biaya perawatan tanpa mengganggu kinerja di area produksi. Metode ini adalah sistem perawatan yang sangat efektif karena fokus utamanya adalah pada keandalan, yang memungkinkan estimasi waktu hingga mesin berhenti berikutnya, serta memberikan panduan untuk melakukan perawatan *preventif*. Dengan demikian, produksi dapat tetap berjalan lancar dan potensial untuk mengurangi biaya [14]. Langkah-langkah dalam proses RCM adalah sebagai berikut.

Pemilihan Sistem

Penggunaan metode analisis RCM pada sistem yang akan dilakukan akan menghasilkan informasi yang terperinci dan jelas tentang fungsi serta kemungkinan kegagalan dari komponen-komponen tersebut. Dalam konteks penelitian ini, perhatian difokuskan pada sistem yang terdapat dalam *unit lime kiln*. *Lime kiln* ini merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk proses pembakaran batu kapur.

Pendefinisian Batasan Sistem

Penentuan batas sistem diperlukan guna memastikan adanya pembatasan yang jelas, sehingga komponen yang teridentifikasi menjadi lebih terpisah dan tidak saling tumpang tindih. Berdasarkan hasil wawancara dan observasi, komponen yang kerap mengalami kerusakan pada *unit lime kiln* adalah sebagai berikut.

(1) **Temperature Sensor**, komponen tersebut berfungsi sebagai pengukuran suhu di dalam *lime kiln*. Kegagalan yang terjadi dikarenakan pembacaan sensor suhu yang tidak akurat sehingga berefek pada CaO tidak masak dengan sempurna. (2) **Control Valve**, komponen tersebut berfungsi sebagai pengendali temperatur, *flow* dan *level* cairan melalui kontrol buka tutup penuh ataupun sebagian. Kegagalan yang terjadi dikarenakan *positioner* rusak yang menyebabkan tidak adanya aliran yang dilewati pada *control valve*. (3) **Flow Transmitter**, komponen tersebut berfungsi untuk mendeteksi laju aliran fluida. Kegagalan yang terjadi dikarenakan pembacaan pada *flow transmitter* tidak akurat sehingga produksi CaO dari *lime kiln* tidak sesuai dengan *actual*. (4) **Pressure Gauge**, komponen tersebut berfungsi sebagai pengukur tekanan di *inlet kiln*. Kegagalan yang terjadi dikarenakan pembacaan tekanan pada *pressure gauge* tidak akurat yang menyebabkan panas pada *kiln* tidak merata, sehingga CaO tidak masak sempurna. (5) **On Off Valve**, komponen tersebut berfungsi sebagai pengontrolan *Liquid Natural Gas* (LNG) untuk pembakaran di *burner lime kiln*. Kegagalan yang terjadi dikarenakan tidak adanya aliran LNG dikarenakan *solenoid* rusak. (6) **Proximity Sensor**, komponen tersebut berfungsi untuk memonitor suatu peralatan yang bergerak pada motor *gear box*. Kegagalan yang terjadi dikarenakan *proximity sensor* tidak berfungsi dengan baik dikarenakan kondisi lingkungan yang terlalu panas. (7) **Sensor Indikasi Motorized Damper**, komponen tersebut berfungsi untuk mengukur bukaan *damper*. Kegagalan yang terjadi dikarenakan pembacaan bukaan *damper* tidak berfungsi dikarenakan sensor kotor ataupun rusak yang menyebabkan tekanan pada *kiln* tidak stabil.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Metode yang diimplementasikan untuk melakukan evaluasi desain sistem berdasarkan tingkat kegagalan, jenis komponen sistem yang rusak dan dampak yang ditimbulkan akibat kerusakan komponen tersebut dikenal dengan Metode FMEA. Metode ini diimplementasikan untuk mengetahui tingkat kegagalan sistem pada *level* sistem tertentu dan memudahkan penilaian, pengembangan,

maupun reduksi suatu sistem agar lebih baik serta meminimalisir adanya peluang kritis yang lebih besar dalam komponen sistem [15].

Setiap kegagalan memiliki sebuah nilai yang dikenal sebagai *Risk Priority Number* (RPN). RPN adalah sebuah indikator yang menunjukkan tingkat risiko yang digunakan untuk menentukan langkah-langkah dalam mengatasi kegagalan dalam sistem instrumentasi. Semakin tinggi nilai RPN, semakin besar risiko dalam sistem instrumentasi dan sebaliknya [16]. Persamaan (1) dibawah ini menunjukan rumus RPN.

$$RPN = Sev \times Occ \times Det \quad (1)$$

Keterangan:

RPN	= Nilai Resiko kegagalan
Severity (Sev)	= Tingkat Keparahan
Occurrence (Occ)	= Frekuensi Kejadian
Detection (Det)	= Tingkat Deteksi

Setelah didapat hasil nilai RPN maka akan dilakukan pemilihan nilai RPN tertinggi pada komponen yang memiliki kegagalan yang berefek besar pada produksi.

Analisa Pareto

Analisa Pareto ini bertujuan untuk melihat risiko dan menentukan komponen-komponen *lime kiln* yang mengalami kegagalan tertinggi. Dari analisa FMEA telah diperoleh nilai RPN dari tiap-tiap komponen *lime kiln*. Pada Analisa Pareto ini nilai RPN akan diurutkan dari nilai yang risikonya tinggi hingga nilai yang risikonya rendah.

Setelah mendapatkan nilai RPN, untuk menghasilkan diagram Pareto ialah dengan menghitung persentase kumulatif untuk setiap komponen instrumen. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mendapatkan total persentase dari seluruh instrumen yang ada di *lime kiln*. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus (2), berikut:

$$\text{Persentase total} = \frac{\text{Nilai RPN}}{\text{RPN Total}} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan menggunakan persamaan (2), hasil dari diagram pareto membantu dalam menetapkan prioritas kategori peristiwa dengan melihat nilai kumulatifnya, memudahkan identifikasi nilai yang paling dominan.

Analisa Ketersediaan (Availability)

Untuk menentukan nilai ketersediaan, perlu dilakukan analisis ketersediaan. Dalam analisis ini,

nilai keandalan (t) dapat diperoleh dengan mencari nilai *mean time to failure* (MTTF) dan nilai *mean time to repair* (MTTR). Untuk mendapatkan nilai MTTF, digunakan persamaan (3) dan (4).

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah Kegagalan}}{\text{Total Waktu Operasi (jam)}} \quad (3)$$

$$\text{MTTF} = \frac{1}{\lambda} \quad (4)$$

Keterangan:

λ = *Failure rate* (Laju Kegagalan)

MTTF = Rata-rata Waktu Kegagalan

Untuk mendapatkan nilai MTTR, digunakan persamaan (5).

$$\text{MTTR} = \frac{1}{\mu} = \frac{\text{Total lama perbaikan (jam)}}{\text{Jumlah Kerusakan}} \quad (5)$$

Setelah mendapatkan nilai MTTF dan MTTR, Untuk mendapatkan nilai ketersediaan (*availability*), dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (6).

$$A = \frac{\text{MTTF}}{\text{MTTF} + \text{MTTR}} \quad (6)$$

Keterangan:

A = Ketersediaan (*availability*)

Penilaian Keandalan

Penilaian Keandalan berfungsi untuk menilai keadaan komponen instrumentasi, sejauh mana dapat melaksanakan kinerjanya sesuai dengan fungsinya dan tingkat kegagalan komponen instrumentasi dari *unit lime kiln*. Pada langkah ini digunakan rumus (7) dan (8).

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (7)$$

$e = 2,718$

$$T \text{ rata-rata} = \frac{t \text{ Total Kegagalan (hari)}}{\text{Jumlah Kegagalan}} \quad (8)$$

Keterangan:

$R(t)$ = Fungsi keandalan

e = Eksponensial

λ = Laju kegagalan sistem

t = Waktu operasi dari perbaikan hingga kerusakan kembali

Rumus keandalan digunakan untuk mengukur seberapa dapat diandalkannya suatu sistem atau perangkat dalam menjalankan fungsinya tanpa mengalami kegagalan dalam rentang waktu tertentu.

Jadwal Perawatan

Tahapan ini adalah menentukan tindakan perawatan. Tindakan yang dilakukan dengan cara perbaikan dan penggantian komponen. Tahap ini dilakukan dengan melibatkan nilai MTTF dari masing-masing komponen yang dibagi dengan 24 jam. Penentuan perawatan menggunakan persamaan (9). Hasil dari perhitungan tersebut yang akan menjadi jadwal perawatan dari masing-masing komponen.

$$\text{Jadwal perawatan} = \frac{\text{MTTF}}{24 \text{ jam}} \quad (9)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Metode yang diimplementasikan untuk melakukan evaluasi desain sistem berdasarkan tingkat kegagalan, jenis komponen sistem yang rusak dan dampak yang ditimbulkan akibat kerusakan komponen [15]. Setiap kegagalan memiliki sebuah nilai yang dikenal sebagai *Risk Priority Number* (RPN). Semakin tinggi nilai RPN, semakin besar risiko dalam sistem instrumentasi dan sebaliknya [16]. Berikut, adalah hasil analisis FMEA dan perhitungan nilai RPN.

Tabel 1. Analisa *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) Instrumentasi *Lime Kiln*

No	Instrumentasi dan kegagalan	SEV	OCC	DET	RPN
1	Temperature Sensor	8	7	6	336
2	Control Valve	5	7	7	245
3	Flow Transmitter	6	7	6	252
4	Pressure Gauge	6	6	6	216
5	On Off Valve	6	8	5	288
6	Proximity Sensor	8	6	6	240
7	Sensor Indikasi Motorized Damper	6	5	7	210

Tabel 1 menunjukkan nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* dari setiap instrumentasi *lime kiln* dengan skala nilai 1 sampai 10. Suatu komponen yang memiliki nilai RPN terpaut kecil merepresentasikan tingkat keandalan sistem tersebut tinggi sedangkan komponen yang memiliki nilai RPN besar menunjukkan rendahnya keandalan sistem tersebut. Standar nilai RPN yang ditetapkan dalam Metode FMEA yakni 200, komponen yang RPNnya melebihi nilai 200 artinya komponen dalam sistem tersebut membutuhkan penanganan dengan segera [16].

Analisa Pareto

Analisa pareto ini bertujuan untuk melihat risiko dan menentukan komponen-komponen *lime kiln* yang mengalami kegagalan tertinggi. Dari analisa FMEA telah diperoleh nilai RPN dari tiap-tiap komponen *lime kiln*. Untuk mengidentifikasi resiko tertinggi pada setiap komponen, diurutkan nilai RPN dari yang tertinggi hingga terendah, seperti yang tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai RPN Instrumentasi *Lime Kiln*

No	Instrumentasi	RPN
1	<i>Temperature Sensor</i>	336
2	<i>On Off Valve</i>	288
3	<i>Flow Transmitter</i>	252
4	<i>Control Valve</i>	245
5	<i>Proximity Sensor</i>	240
6	<i>Pressure Gauge</i>	216
7	<i>Sensor indikasi Motorized Damper</i>	210
Total		1787

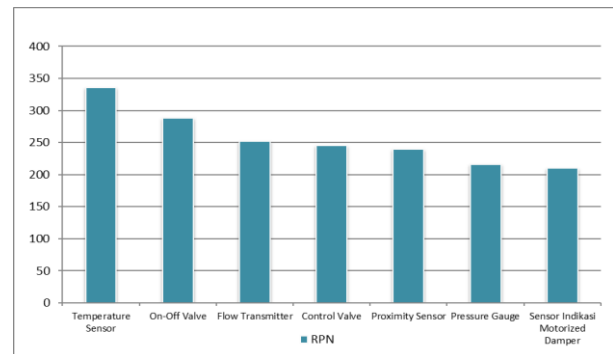
Langkah berikutnya untuk menghasilkan diagram pareto ialah dengan menghitung persentase kumulatif untuk setiap komponen instrumen. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mendapatkan total persentase dari seluruh instrumen yang ada di *lime kiln*. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus (2), dan hasilnya dapat ditemukan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Persentase Kumulatif Instrumentasi *Lime Kiln*

No	Komponen	RPN	RPN Total Kumulatif	Total Keseluruhan (%)	Kumulatif (%)
1	<i>Temperature Sensor</i>	336	336	18,80	18,80
2	<i>On Off Valve</i>	288	624	16,11	34,91
3	<i>Flow Transmitter</i>	252	876	14,10	49,02
4	<i>Control Valve</i>	245	1121	13,71	62,73
5	<i>Proximity Sensor</i>	240	1361	13,43	76,16
6	<i>Pressure Gauge</i>	216	1577	12,08	88,24
7	<i>Sensor indikasi Motorized Damper</i>	210	1787	11,75	99,99
Total		1787		100	

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai persentase kumulatif dipengaruhi oleh nilai RPN dari setiap instrumen. Semakin tinggi nilai RPN, semakin rendah nilai persentase kumulatifnya. Data pada tabel menunjukkan bahwa nilai persentase kumulatif terendah terdapat pada komponen instrumen *temperature sensor* yaitu sebesar 18,80%, sementara nilai tertinggi terdapat pada *sensor indikasi motorize*

damper, mencapai 99,9%. Gambar 2 adalah diagram Pareto dari sistem tersebut.



Gambar 2. Diagram Pareto Instrumentasi *Lime Kiln*

Diagram Pareto membantu memprioritaskan kategori peristiwa dengan melihat nilai kumulatifnya, memudahkan identifikasi nilai yang paling dominan.

Gambar 2 menunjukkan data nilai RPN dan persentase kumulatif untuk instrumentasi pada *lime kiln*. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa *temperature sensor* memiliki resiko paling tinggi dengan nilai RPN sebesar 336 dan persentase kumulatif sebesar 18,80%, sedangkan *sensor indikasi motorize damper* memiliki risiko paling rendah dengan nilai RPN 210 dan persentase kumulatif 99,99% [17].

Analisa Ketersediaan (Availability)

Analisa ketersediaan dilakukan untuk menentukan kemampuan beroperasinya sebuah komponen instrumen, untuk mendapatkan hasil dari analisa ini diperlukan nilai dari *Mean Time to Failure* (MTTF) dan nilai *Mean Time to Repair* (MTTR). dengan menggunakan persamaan (3) dan (4). Hasil dari kedua nilai tersebut disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) Instrumentasi *Lime Kiln*

No	Instrumentasi	Kegagalan/5 tahun	MTTF (jam)
1	<i>Temperature sensor</i>	7	6063
2	<i>On off Valve</i>	6	7074
3	<i>Flow transmitter</i>	6	7053
4	<i>Control Valve</i>	7	6046
5	<i>Proximity Sensor</i>	6	7055
6	<i>Pressure Gauge</i>	5	8468
7	<i>Sensor Indikasi Motorized Damper</i>	5	8489

Data tentang jumlah kegagalan instrumentasi pada *lime kiln* selama lima tahun terakhir dikumpulkan melalui pengamatan langsung di lapangan. Dari

tabel 4, terlihat bahwa *sensor indikasi motorized damper* memiliki MTTF paling tinggi, yang berarti kemungkinan kerusakan pada komponen ini cenderung lebih rendah dibandingkan dengan komponen lainnya pada *lime kiln*. Hasil dari nilai MTTR yang telah digunakan pada persamaan (5) terdapat pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai Mean Time To Repair (MTTR) Instrumentasi Lime Kiln

No	Instrumentasi	Laju Perbaikan/ Jam	MTTR/ Jam
1	Temperature Sensor	2	2 Jam
2	On Off Valve	2	2 Jam
3	Flow Transmitter	2	2 Jam
4	Control Valve	2	2 Jam
5	Proximity Sensor	2	2 Jam
6	Pressure Gauge	2	2 Jam
7	Sensor indikasi Motorized Damper	2	2 Jam

Tabel 5 menunjukkan bahwa semua komponen instrumen di *lime kiln* memiliki total waktu perbaikan selama 2 jam, hal tersebut merupakan standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Tahap selanjutnya, setelah mendapatkan hasil dari MTTF dan MTTR dari setiap komponen yang digunakan pada persamaan (6), maka didapatkan hasil pada tabel 6.

Tabel 6. Analisa Ketersediaan Instrumentasi Lime Kiln

No	Instrumentasi	Nilai MTTF	Nilai MTTR	Ketersediaan
1	Temperature sensor	6063,15 Jam	2 Jam	99,99%
2	On-Off Valve	7074 Jam	2 Jam	99,99%
3	Flow transmitter	7054 Jam	2 Jam	99,99%
4	Control Valve	6046 Jam	2 Jam	99,99%
5	Proximity Sensor	7055,33 Jam	2 Jam	99,99%
6	Pressure Gauge	8468,2 Jam	2 Jam	99,99%
7	Sensor Indikasi Motorized Damper	8489,2 Jam	2 Jam	99,99%

Data pada Tabel 6 mengindikasikan bahwa ketersediaan komponen instrumentasi *lime kiln* mencapai 99,9%. Artinya, komponen instrumentasi pada *lime kiln* ini dapat berfungsi sebagaimana mestinya pada waktu dan situasi tertentu [12].

Penilaian Keandalan

Tahap evaluasi keandalan bertujuan untuk menilai status dan tingkat kegagalan peralatan di *lime kiln*. Untuk menentukan keandalan individu dari setiap instrumen, langkah-langkah yang dapat diambil

termasuk penerapan persamaan (7) dan (8). Nilai keandalan instrumentasi *lime kiln* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Keandalan Instrumentasi Lime Kiln

No	Komponen	Nilai Keandalan
1	Temperature sensor	0,363
2	On-Off Valve	0,369
3	Flow transmitter	0,363
4	Control Valve	0,360
5	Proximity Sensor	0,359
6	Pressure Gauge	0,365
7	Sensor Indikasi Motorized Damper	0,366

Pada Tabel 7 yang tertera di atas mengindikasikan bahwa seluruh bagian memiliki tingkat keandalan yang kurang dari 0,7. Sesuai dengan Standar Industri Indonesia (SII), ketika nilai keandalan berada di bawah angka tersebut, hal ini menandakan perlunya dilakukan tindakan perawatan terhadap peralatan instrumen [18].

Jadwal Perawatan

Untuk menentukan jadwal perawatan, dapat mengacu pada persamaan (9). Penentuan perawatan tertera di tabel 8.

Tabel 8. Jadwal Perawatan Instrumentasi Lime Kiln

No	Instrumentasi	MTTF (Jam)	Jadwal Perawatan
1	Temperature Sensor	6063,15	252 Hari
2	On-Off Valve	7074	294 Hari
3	Flow transmitter	7054	293 Hari
4	Control Valve	6046	251 Hari
5	Proximity Sensor	7055,33	293 Hari
6	Pressure Gauge	8468,2	352 Hari
7	Sensor Indikasi Motorized Damper	8489,2	353 Hari

Tahapan ini dilakukan dengan melibatkan nilai MTTF dari masing-masing komponen yang dibagi dengan 24 jam sehingga mendapatkan jadwal perawatan pada setiap komponen *lime kiln*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan, ditemukan bahwa urutan nilai RPN untuk instrumentasi pada *lime kiln* adalah sebagai berikut, *temperature sensor* (336), *on off valve* (288), *flow transmitter* (252), *control valve* (245), *proximity sensor* (240), *pressure gauge* (216), dan *sensor indikasi motorized damper* (210). Penilaian RPN yang tinggi ini menunjukkan adanya potensi risiko yang signifikan

terkait dengan setiap instrumen, karena setiap nilai RPN melebihi batas standar yang telah ditetapkan yaitu lebih dari 200. Oleh karena itu, tindakan perawatan yang tepat diperlukan untuk mengurangi risiko kegagalan dan memastikan operasionalitas yang optimal dari sistem instrumentasi tersebut.

Berdasarkan hasil analisis, ditemukan bahwa nilai keandalan untuk setiap instrumentasi adalah sebagai berikut, *temperature sensor* (0,363), *on off valve* (0,369), *flow transmitter* (0,363), *control valve* (0,360), *proximity sensor* (0,359), *pressure gauge* (0,365), dan *sensor indikasi motorized damper* (0,366). Diketahui bahwa setiap nilai keandalan berada di bawah batas standar yang ditetapkan oleh Standar Industri Indonesia (SII), yaitu kurang dari 0,7. Oleh karena itu, diperlukan tindakan perawatan pada setiap instrumentasi untuk memastikan bahwa nilai keandalannya sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Ini penting untuk menjaga kinerja dan keandalan sistem secara keseluruhan

Berdasarkan hasil analisis, direkomendasikan jadwal perawatan sebagai berikut, *temperature sensor* (252 Hari), *on off valve* (294 Hari), *flow transmitter* (293 Hari), *control valve* (251 Hari), *proximity sensor* (293 Hari), *pressure gauge* (352 Hari), dan *sensor indikasi motorized damper* (353 Hari). Penjadwalan perawatan ini didasarkan pada evaluasi nilai keandalan dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi kinerja dan umur pakai setiap instrumen. Dengan menjalankan perawatan sesuai dengan jadwal yang direkomendasikan, diharapkan dapat memastikan ketersediaan dan kinerja optimal dari sistem instrumentasi tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, saran, kritik dan dukungan selama proses penelitian ini. Berkat kontribusi mereka, penelitian ini dapat diselesaikan dengan lancar.

REFERENSI

- [1] M. Yoga and M. Mahar, "Peningkatan Hasil Produksi Kertas Menggunakan Pendekatan Discrete Event Simulation (Study Kasus Pt Xyz)," *JISO J. Ind. Syst. Optim.*, vol. 3, no. 2, pp. 58–62, 2020, doi: 10.51804/jiso.v3i2.58-62.
- [2] L. Rosmainar, "Jurnal Review: Analisis Bahan-Bahan Alternatif Pengolahan Dalam Pembuatan Kertas," *J. Inkofar*, vol. 1, no. 2, pp. 62–67, 2018, doi: 10.46846/jurnalinkofar.v1i2.18.
- [3] S. A. Dewi and E. Bima, "Faktor Faktor Australia Menetapkan Kebijakan Anti-Dumping Terhadap Produk Kertas a4 Indonesia," *Moestopo J. Int. Relations*, vol. Volume 2, no. https://journal.moestopo.ac.id/index.php/mjir/issue/view/173, pp. 184–200, 2022.
- [4] L. N. Safitri, I. Kemala, and Aslati, "Manajemen Krisis Pt. Indah Kiat Pulp and Paper Tbk (Ikpp) Perawang Terhadap Berkembangnya Isu Pencemaran Lingkungan," *J. Ris. Mhs. Dakwah dan Komun.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–36, 2018.
- [5] K. F. Pratama, "Penentuan Efisiensi Kerja Alat Slaker Dan Causticizer Melalui Perolehan White Liquor Pada Recausticizing Dan Lime Kiln Plant-11 (RC-11)," Pekanbaru, 2019.
- [6] B. Eka, "Analisis Keandalan Instrumen Boiler Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di Pks. Murini Sam-Sam," p. 2, 2021.
- [7] Kholistianingsih, I. N. Darmawan, and K. S. Valentino, "Analisis Failure Pada Veneer Rotary Machine Di Cv. Karya Purabaya Cilongok Kabupaten Banyumas," *Teodolita Media Komunikasi Ilm. di Bid. Tek.*, vol. 24, no. 1, pp. 12–22, 2023, doi: 10.53810/jt.v24i1.472.
- [8] A. Alsakina and A. Momon, "Analisis Perawatan Mesin Injection dengan Metode RCM pada Perusahaan Manufaktur," *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, vol. 8, no. 1, p. 20, 2023, doi: 10.30998/string.v8i1.16089.
- [9] 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.
- [10] D. F. Kurniawan, A. I. Juniani, and I. Munadhif, "Perancangan Alat Monitoring Komponen Kritis Mesin Tunnel Kiln Berbasis Mikrokontroler," *Conf. Saf. Eng.*, vol. 2, no. 2581, pp. 13–22, 2018.
- [11] V. D. Pramesti and A. E. Susetyo, "Analisis Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Untuk Meningkatkan Keandalan Pada Sistem Maintenance," *IEJST (Industrial Eng. J. Univ. Sarjanawiyata Tamansiswa)*, vol. 2, no. 1, 2018.
- [12] Shalihin, "Analisa Keandalan Instrumen Pada Recovery Boiler Menggunakan Metode

- Reliability Centered Maintenance (RCM) PT. Indah Kiat Pulp and Paper,” Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2021.
- [13] D. Kurniawan, H. Haryono, and T. Prihatiningsih, “Perbaikan Perawatan Mesin Rotary Lathe dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Menggunakan Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE),” *J. SENOPATI Sustain. Ergon. Optim. Appl. Ind. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 82–91, 2021, doi: 10.31284/j.senopati.2021.v2i2.1488.
- [14] L. Theresia, G. Ranti, and Y. Widianty, “Implementasi Lean Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk Meningkatkan Keandalan Mesin: Studi Kasus PT Pelita Cengkareng Paper (Implementation of Lean Reliability Centered Maintenance (RCM) to Increase Machine Reliability Case: Study of PT Pelita Cen,” *J. IPTEK*, vol. 7, no. 2, pp. 13–20, 2023.
- [15] H. Wibowo, A. Sidiq, and A. Ariyanto, “Penjadwalan Perawatan Komponen Kritis Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Perusahaan Karet,” *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 6, no. 2, pp. 79–87, 2019, doi: 10.24912/jitiuntar.v6i2.4106.
- [16] T. J. Wibowo, T. S. Hidayatullah, and A. Nalhadi, “Analisa Perawatan pada Mesin Bubut dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM),” *J. Rekayasa Ind.*, vol. 3, no. 2, pp. 110–120, 2021, doi: 10.37631/jri.v3i2.485.
- [17] M. Rinoza and F. Ahmad Kurniawan, “Analisa Rpn (Risk Priority Number) Terhadap Keandalan Komponen Mesin Kompresordouble Screw Menggunakan Metode Fmea Di Pabrik Semen Pt. Xyz,” *Cetak) Bul. Utama Tek.*, vol. 17, no. 1, pp. 1410–4520, 2021.
- [18] A. D. S, E. Nursanti, and T. Priyasmanu, “Perencanaan Jadwal Pemeliharaan Mesin Cane Carrier Dan IMC Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) Pada PG Kebon Agung,” *J. Mhs. Tek. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/valtech/article/view/4514>.