

DOI <http://dx.doi.org/10.36722/sst.v9i3.2896>

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

Angga Syukma Permana<sup>1\*</sup>, Jufrizel<sup>1</sup>, Aulia Ullah<sup>1</sup>, Dian Mursyitah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program 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: [angga.syukma@gmail.com](mailto:angga.syukma@gmail.com)

**Abstract** – PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang, a backup of Sinarmas, is one of the biggest companies concurring to the Indonesia Stock Trade. One of the most critical units in the production process is the pulp dryer unit, with an estimated production capacity of 657 tons per day. Based on the data obtained, the pulp dryer unit frequently experiences failures that disrupt the production process. This ponder utilizes the RCM (Reliability Centered Maintenance) strategy to decide which gadgets within the mash dryer unit are most inclined to issues by calculating the RPN (Risk Priority Number) for each component, assessing the unwavering quality level of these gadgets, and giving proposals for an ideal support plan. The think about comes about appear the RPN values for mash dryer instrumented from most elevated to least as takes after: temperature *sensor* at 392, press transmitter at 288, level transmitter at 280, stream transmitter at 252, solenoid valve at 252, consistency transmitter at 245, and on/off valve at 210. The unwavering quality values for each instrumented component that did not meet the edge set by the SII (Indonesian Industrial Standards), which is 0.7, demonstrate the require for support activities. The recommended maintenance schedule for the instrumentation is as follows: temperature *sensor* at 252 days, press transmitter at 352 days, level transmitter at 352 days, flow transmitter at 352 days, solenoid valve at 352 days, consistency transmitter at 293 days, and on/off valve at 440 days.

**Abstract** – PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang anak Perusahaan Sinarmas ialah satu diantara perseroan terbesar menurut Bursa Efek Indonesia. Salah satu unit terpenting dalam proses produksi yaitu unit pulp dryer dengan estimasi produksi 657 ton per hari. Berdasarkan data-data yang didapat, unit pulp dryer sering kali mengalami kegagalan yang mengganggu aktivitas produksi. Riset berikut memakai Metode RCM (Reliability Centered Maintenance) guna tujuan menetapkan perangkat mana pada unit pulp dryer yang sangat rentan terkena permasalahan melalui perhitungan bobot RPN (Risk Priority Number) bagi tiap komponennya, menjalankan evaluasi taraf keandalan perangkat terkait, serta memberi saran jadwal perawatan yang maksimal. Hasil riset memaparkan urutan skor RPN instrumentasi pulp dryer dari yang paling besar sampai yang terkecil diantaranya temperature *sensor* senilai 392, press transmitter sebesar 288, level transmitter sebesar 280, flow transmitter sebesar 252, solenoid valve sebesar 252, consistency sebesar 245, dan on/off valve sebesar 210. Hasil dari bobot keandalan tiap instrumentasi yang tidak memenuhi ambang batas yang ditentukan oleh SII (Standar Industri Indonesia), yakni 0.7, menunjukkan perlunya perawatan. Rekomendasi jadwal perawatan terhadap instrumentasi temperature *sensor* 252 hari, press transmitter 352 hari, level transmitter 352 hari, flow transmitter 352 hari, solenoid valve 352 hari, consistency 293 hari, dan on/off valve 440 hari.

**Keywords** – FMEA, Instrumentation, Reliability, Pulp Dryer, RCM.

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri *pulp* dan kertas diperkirakan terus mengalami kemajuan yang signifikan. Sebagian dari pertumbuhan ini disebabkan oleh kenaikan produksi dan permintaan, serta pembukaan sejumlah pabrik baru [1]. Diestimasikan pada tahun 2050, berkisar 60-70% populasi atau 9 miliar orang masih memakai kertas pada keseharian kehidupannya [2]. Nilai ekspor industri *pulp* dan kertas Indonesia paling tinggi ada di tahun 2017 dan 2020 sebesar 9.3 juta ton, nilai ekspor industri *pulp* dan kertas Indonesia bersifat fluktuatif, tetapi mulai tahun 2009 hingga 2016 Indonesia sanggup konsisten mengekspor industri *pulp* dan kertas minimal 7 juta ton per tahunnya [3], ini menjadi tantangan bagi setiap perusahaan untuk menjaga serta meningkatkan nilai ekspor *pulp* dan kertas di setiap tahunnya.

Industri *pulp* dan kertas memberi kontribusi yang signifikan pada penciptaan lapangan kerja dan PDB (Produk Domestik Bruto) negara. Pada 2018, industri *pulp* dan kertas berkontribusi terhadap PDB negara sejumlah Rp 101.76 triliun (nilai pasar), yakni berkisar 0.69% dari seluruh PDB negara [4]. Negara Indonesia mempunyai 9 perseroan yang beroperasi di sektor produksi *Pulp and Paper* yang sudah tercatat dalam Bursa Efek Indonesia, salah satunya anak perusahaan Sinarmas yang berlokasi di Perawang, Tualang dan Kab.Siak yaitu Indah Kiat *Pulp and Paper Tbk* [5].

Dalam proses pengelolaan *pulp* PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* memiliki beberapa proses salah satunya melalui proses pengeringan. *Press part* berfungsi untuk membuang air dari *web* sehingga kadar padatnya mencapai 50%. Hasilnya masuk ke bagian pengering (*dryer*). Cara kerja *press part* ini adalah kertas masuk diantara dua *roll* yang berputar. Satu *roll* bagian atas diberi tekanan sehingga air keluar dari *web*. Bagian ini dapat menghemat energi, karena kerja *dryer* tidak terlalu berat (air sudah dibuang 30%). *Dryer* berfungsi untuk mengeringkan *web* sehingga kadar airnya mencapai 6% [1].

Pada PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* seksi yang bertanggung jawab dalam proses ini adalah *Machine (MC)* yang menggunakan *pulp dryer* sebagai unit utama dalam prosesnya, laju produksi 74 meter/menit dengan estimasi produksi 657 ton/hari. Mengingat pentingnya fungsi *unit pulp dryer* ini, masalah yang berkaitan dengan alat-alat instrumentasi dan komponennya, seperti mesin yang tiba-tiba berhenti atau berkurangnya kecepatan

produksi, tidak bisa diabaikan. Oleh karena itu, perhatian khusus diperlukan untuk menjaga performa optimal selama pengoperasiannya serta mengurangi efek kerugian untuk perseroan.

Bersumber hasil diskusi dan *interview* dengan karyawan yang bekerja di seksi *Machine (MC)*-10, beliau mengatakan bahwasanya terdapat beberapa malfungsi yang dialami oleh perangkat instrumentasi *unit pulp dryer* di MC-10 PT. Indah Kiat *Pulp and Paper*, komponen instrumentasi ini diantaranya seperti *temperature sensor*, *level transmitter*, *flow transmitter*, *press transmitter*, *consistency transmitter*, *solenoid valve*, dan *on/off valve*. Disamping itu dapat terjadi *downtime* pada unit yang di mana komponen atau sistem tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya, sehingga terjadi penurunan kinerja yang tidak dapat dipertahankan [6]. Namun, perusahaan masih menerapkan sistem perawatan *breakdown maintenance* di area MC-10. Pendekatan ini menunggu kerusakan sebelum memperbaiki, sehingga jika dipaksakan beroperasi, dapat menyebabkan kerugian finansial besar dan meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Sehingga, penting guna mempertimbangkan strategi perawatan yang lebih proaktif dan preventif guna menghindari risiko tersebut.

Sebelum memilih metode riset yang hendak dipakai, peneliti harus mengetahui perbedaan diantara metode yang telah dipakai pada riset terdahulu. Riset yang mengkaji perihal Analisa *Failure* pada *screw press*. Peneliti ini memakai Metode FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*). Hasil Analisa menunjukkan bahwasanya mesin *screw press* mengalami kegagalan operasional akibat berbagai kerusakan. Kegagalan ini disebabkan oleh kerusakan di beberapa perangkat mesin *screw press* yang mempunyai bobot RPN (*Risk Priority Number*) tinggi. Akibatnya, mesin *screw press* belum mencukupi standar operasional yang ditentukan, hingga dibutuhkan tindakan pemeliharaan dan perbaikan yang lebih intensif untuk memastikan mesin dioperasikan sebaik mungkin dan sesuai standar yang diharapkan [7]. Dari riset berikut memberi pedoman yang kuat guna membangun strategi yang lebih efektif untuk meminimalisir tingkat kegagalan dari mesin *screw press*.

Pada penelitian terdahulu yang menggunakan Metode FMEA bila dibanding Metode RCM, menunjukkan bahwasanya walaupun keduanya mempunyai fokus yang sama tetapi Metode RCM lebih kompleks. Peneliti tertarik pada Metode RCM karena memberikan pendekatan yang lebih holistik

dan sistematis guna merancang strategi *maintenance* untuk unit *pulp dryer* di MC-10. Metode ini bukan cuma mempertimbangkan umur pakai dan potensi kegagalan, namun juga menilai pentingnya fungsi dan dampaknya terhadap keseluruhan operasional. Sebagai hasilnya, RCM dianggap lebih komprehensif dan efisien dalam pengelolaan pemeliharaan unit tersebut.

RCM (*Reliability Centered Maintenance*) adalah pendekatan terstruktur guna menilai sumber daya dan aset guna memastikan efisiensi biaya dan keandalan yang tinggi. Fokus utama dari RCM ialah kesadaran bahwasanya dampak dan risiko kegagalan lebih penting daripada ciri khas teknologi itu sendiri [8]. Saat mengimplementasikan teknik RCM, taraf kemungkinan kegagalan dan keandalan sistem harus dipertimbangkan. Hal ini bisa digambarkan melalui Pendekatan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). FMEA merupakan metode penilaian risiko sistem, evaluasi dan Analisa komponen sistem untuk mengurangi risiko atau dampak taraf kegagalan sebagai bantuan guna mengevaluasi kinerja sistem dan proses pengendalian yang dipakai ialah bobot RPN (*Risk Priority Number*) [9].

Penelitian berikut tujuannya guna menganalisa taraf kerusakan perangkat pada sistem yang berdampak pada *downtime* di *pulp dryer*. Penelitian ini juga mencakup perhitungan keandalan setiap komponen, penjadwalan perawatan dan jenis perawatan yang tepat untuk komponen yang sering mengalami kerusakan, serta strategi untuk mengatasi *downtime* atau gangguan ketika menjalankan perbaikan.

Riset yang berkaitan dengan keandalan di *unit pulp dryer* meliputi riset perihal “pengendalian kualitas kayu kering pada mesin *kiln dryer* menggunakan Metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)”, masalah pada riset berikut adanya kecacatan dari hasil pengeringan *kiln dryer*. Berdasarkan perhitungan RPN memaparkan bahwasanya dampak kegagalan yang sangat signifikan diakibatkan oleh faktor metodologis yang berdampak pada konfigurasi mesin yang salah dengan RPN 168 [10].

Satu diantara peneliti yang mempelajari penerapan Metode RCM ialah Wresni Anggraini yang penelitiannya difokuskan pada mesin press di PT. Pulau Sambu Kuala Enok. Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor memiliki nilai risiko paling rendah, yaitu 105, sedangkan *screw* memiliki nilai risiko paling tinggi, yaitu 560. Nilai-nilai risiko ini akan dijadikan pedoman dalam implementasi

RCM untuk meningkatkan keandalan dan efektivitas pemeliharaan komponen mesin [11].

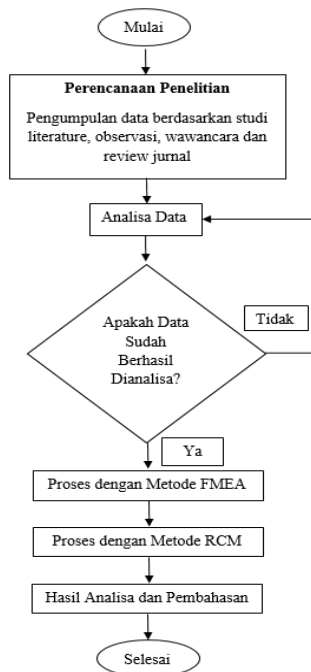
Penelitian yang dilakukan Nadia Ulfa untuk menghitung nilai RPN (*Risk Priority Number*) dari 4 komponen diantaranya *water system* (441), *hydraulic system* (324), *lubrication system* (160), *pneumatic system* (100) dan pada mesin *Hydraulic Lubrication Pneumatic* (HLP) di PT. Krakatau Steel perhitungan sesuai 3 indikator sebagaimana *occurrence*, *severity* serta *detection* pada sistem pendukung pada HCL yang berguna mendukung proses kerjanya. Nilai RPN tiap komponen dipakai guna mencari skor MTTR (*Mean Time To Repair*), nilai MTTR tertinggi yaitu pada instrumentasi pompa power water dengan nilai 1553 jam dan nilai MTTR terendah yaitu pada instrumentasi water descaler dengan nilai 950 jam [12]. Penelitian sebelumnya membahas “Analisa keandalan komponen instrumentasi pada unit turbin PLTA menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*)”. Riset berikut menemukan bahwa kegagalan terjadi akibat suhu yang tinggi dari unit turbin, diantara 66°C hingga 68°C. Penyebabnya meliputi *clearance* bantalan *guide bearing* (RPN 168), *heat exchanger* (RPN 42), sistem pelumasan (RPN 72), sistem air pendingin (RPN 36), serta *sensor* suhu (RPN 32). Keandalan unit turbin diukur sebesar 91%. RCM merekomendasikan perawatan kondisi atau tindakan preventif setiap 470 jam operasi untuk mencegah kegagalan [13].

Menurut penulis, kajian terhadap permasalahan sebelumnya mengidentifikasi bahwa *downtime* adalah isu utama yang menjadi tantangan signifikan bagi perusahaan. *Downtime* ini berdampak buruk pada operasional perusahaan, mencakup aspek ekonomi, lingkungan, sistem, serta SDM. Sehingga, dibutuhkan metode yang efektif guna mengatasi masalah *downtime* ini, yaitu RCM. Bersumber latar belakang tersebut, penulis bermaksud untuk meneliti keberlanjutan taraf keandalan sistem di PT. Indah Kiat Pulp and Paper melalui penerapan Metode RCM. Analisa dan evaluasi sistem di PT. Indah Kiat Pulp and Paper bertujuan untuk menunjang perseroan menetapkan jadwal pemeliharaan yang optimal untuk komponen *pulp dryer* yang sering mengalami *downtime*, guna meningkatkan efisiensi operasional.

## METODE

### Diagram Alur Penelitian

Peneliti menyajikan diagram alur riset untuk memastikan setiap tahapan penelitian dapat dipahami dengan jelas. Diagram ini tujuannya guna merepresentasikan tahapan yang diambil selama proses riset. Diagram alur riset tersebut bisa dicermati dalam Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Pada tahap awal penelitian, penulis mencari dan menetapkan perangkat instrumentasi yang terkait dengan *pulp dryer*. Setelahnya, peneliti menggambarkan fungsi tiap perangkat pada *pulp dryer*. Data dikumpulkan dari setiap sistem yang mengalami kegagalan, dengan fokus pada fungsi komponen (*function*), mode kegagalan (*failure mode*), dampak kegagalan (*failure effect*), dan kegagalan fungsi (*functional failure*). Dengan demikian, empat tahap awal dari tujuh pertanyaan pada penerapan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) dilaksanakan guna menghimpun data sistem yang hendak dikaji. Setelah data terkumpul, peneliti menganalisa faktor-faktor penyebab kegagalan sistem menggunakan Metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) guna memperoleh bobot RPN (*Risk Priority Number*) menentukan perangkat yang paling kritis. Tahapan akhir ialah penerapan Metode RCM guna menetapkan jadwal pemeliharaan yang maksimal.

### Pengumpulan Data

Metode yang dipakai guna menghimpun data riset meliputi studi pendahuluan dengan meninjau artikel, jurnal, dan sumber-sumber terkait lainnya. Studi pendahuluan membantu peneliti memperoleh referensi mengenai teori dan metode yang berkaitan dengan permasalahan riset. Selain studi pendahuluan, penulis juga menjalankan *interview* dan pengamatan guna mengumpulkan data. Narasumber yang dipilih untuk *interview* ialah individu-individu yang memiliki keterlibatan langsung dengan topik penelitian.

### Reliability Centered Maintenance (RCM)

RCM (*Reliability Centered Maintenance*) ialah sebuah metode guna memilih, mengembangkan, serta menciptakan strategi pemeliharaan alternatif berdasarkan kriteria ekonomi, operasional, serta keselamatan. RCM mempunyai 7 prinsip utama, yakni fokus pada fungsionalitas sistem, menjaga fungsionalitas sistem, mempertahankan keandalan fungsionalitas sistem, mengandalkan keandalan, mengartikan kegagalan, memprioritaskan keselamatan, serta memberi kejelasan hasil [13]. Tahapan pada proses RCM ialah meliputi:

#### a. Penentuan Sistem

Penerapan metode Analisa RCM dalam sistem yang hendak diAnalisa memberikan informasi secara jelas dan rinci mengenai kemungkinan dan fungsi kegagalan dari setiap komponennya. Pada riset berikut, fokus diarahkan pada sistem dalam unit *pulp dryer*. *Pulp Dryer* adalah perangkat yang digunakan untuk proses pengeringan *pulp* [1].

#### b. Pendefinisian Batasan Sistem

Penetapan batas dalam sistem dipergunakan untuk menentukan komponen yang teridentifikasi tidak tumpang tindih dan terpisah tiap komponennya. Berdasarkan dari data *interview* dan pengamatan, berikut perangkat yang sering terkena kerusakan di unit *pulp dryer*:

Komponen pertama ialah *Level Transmitter*, komponen instrumentasi yang berfungsi mengukur *level* atau banyaknya isi tangki *machine chest*. Kegagalan yang terjadi dikarenakan *sensor* rusak dan terkena korosif sehingga pembacaan *sensor error* yang mengakibatkan tangki *overload*.

Komponen berikutnya ialah *Flow Transmitter*, komponen instrumentasi yang berfungsi mengatur aliran *pulp* ke *machine chest*. Kegagalan yang terjadi dikarenakan *sensor* rusak sehingga nilai pengukuran

sudah tidak akurat mengakibatkan terpengaruhnya proses aliran *pulp* di dalam proses produksi.

*Press Transmitter*, komponen instrumentasi yang berfungsi mengatur tekanan *vaccum* pada *felt*. Kegagalan yang terjadi dikarenakan adanya kotoran pada *equipment* sehingga *pressure* tidak sesuai *setting* mengakibatkan *pulp* tidak bisa masuk ke dalam *dryer*.

*Consistency Transmitter*, komponen instrumentasi yang berfungsi mengukur kekentalan *pulp* di dalam pipa. Kegagalan yang terjadi dikarenakan *sensor* rusak atau *sensor* terkena kotoran sehingga indikasi *consistency error* mengakibatkan *pulp* terlalu kental atau terlalu cair.

*Solenoid Valve*, komponen instrumentasi yang berfungsi mengatur oli pengoperasian *cylinder*. Kegagalan yang terjadi dikarenakan *valve* tidak terbuka dengan sempurna sehingga mengakibatkan *sheet break*.

*On/Off Valve*, komponen instrumentasi yang berfungsi mengatur *flushing* angin pada *mixing pump*. Kegagalan yang terjadi dikarenakan *sensor* rusak adanya korosif sehingga indikasi *on* dan *off* tidak akurat, hal itu mengakibatkan *pulp* tidak tercampur dengan baik.

*Temperature Sensor*, komponen instrumentasi yang berfungsi mengontrol suhu dalam proses pengeringan *pulp*. Kegagalan yang terjadi dikarenakan *sensor* rusak dan terkena korosif sehingga tidak dapat mengukur suhu didalam pipa mengakibatkan pemakaian *steam* tidak terkontrol.

#### c. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) ialah metodologi yang dipakai guna menjalankan penilaian/evaluasi pada rancangan sistem dengan menggambarkan berbagai potensi kegagalan dalam perangkat sistem serta menganalisa dampaknya pada keandalan keseluruhan sistem. Metode ini memungkinkan penelusuran detil dari pengaruh kegagalan komponen terhadap operasional sistem. Dengan mengidentifikasi elemen-elemen kritis, FMEA memfasilitasi pengembangan strategi intervensi yang dibutuhkan guna mengoptimalkan rancangan dan menurunkan atau mengeliminasi probabilitas terjadinya kegagalan kritis [14].

Setiap kegagalan sistem memiliki tingkat keparahan yang disebut nilai RPN. RPN didapat dengan mengalikan tingkat *severity*, kemungkinan yang

menyebabkan kegagalan yang berkaitan dengan efek (*occurrence*), serta kecakapan memperkirakan kegagalan sebelum terjadi (*detection*) [14]. Makin tinggi bobot RPN, makin besar risiko pada sistem instrumentasinya, dan kebalikannya [15]. Rumus (1) ialah persamaan RPN.

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

Dimana:

RPN = Bobot Risiko Kegagalan

Severity (Sev) = Taraf Keparahatan

Occurrence (Occ) = Frekuensi Kejadian

Detection (Det) = Taraf Deteksi

Sesudah memperoleh hasil skor RPN, akan dijalankan penentuan komponen dengan skor RPN tertinggi, yang menunjukkan kegagalan dengan dampak signifikan terhadap produksi.

#### d. Analisa Pareto

Analisa Pareto tujuannya guna mengidentifikasi risiko dan menetapkan perangkat pada *pulp dryer* yang memiliki tingkat kegagalan paling tinggi. Bersumber Analisa FMEA, skor RPN telah diperoleh untuk setiap komponen pada *pulp dryer*. Dalam Analisa Pareto ini, skor RPN akan diposisikan dari yang memiliki risiko tertinggi sampai terendah.

Setelah bobot RPN diperoleh, langkah selanjutnya membentuk diagram Pareto melalui perhitungan persentase kumulatif tiap komponennya. Tahapan berikut tujuannya guna mengakumulasi persentase keseluruhan dari seluruh komponen pada *pulp dryer*, sehingga komponen-komponen yang memerlukan perhatian prioritas berdasarkan tingkat risikonya dapat diidentifikasi. Perhitungan dijalankan dengan memakai rumus (2).

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

Memakai rumus sebelumnya, diagram pareto memudahkan penentuan prioritas kategori kejadian berdasarkan bobot kumulatifnya, sehingga mempermudah identifikasi kategori yang paling dominan.

#### e. Analisa Ketersediaan (*Availability*)

Analisa ketersediaan diperlukan guna memperoleh bobot ketersediaan. Analisa ini memungkinkan memperoleh nilai keandalan (t) melalui perhitungan MTTF (*Mean Time To Fail*) dan MTTR (*Mean Time*

To Repair). Guna mencari bobot MTTF dipakai rumus (3) dan (4) yakni.

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

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

Dimana:

$\lambda$  = Failure rate (Laju Kegagalan)

MTTF = Rata-rata Waktu Kegagalan

Guna memperoleh bobot MTTR, dipakai rumus (5).

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

Sesudah memperoleh nilai MTTR dan MTTF sistem, nilai ketersediaan (*availability*) dihitung memakai rumus (6).

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

Dimana:

A = Ketersediaan (*availability*)

f. Penilaian Keandalan

Evaluasi keandalan tujuannya guna mengevaluasi kemampuan perangkat instrumentasi dalam mencapai kinerja yang sesuai dengan tujuan fungsionalnya, serta untuk menilai tingkat kegagalan komponen instrumentasi yang terdapat pada unit *pulp dryer*, dalam tahapan berikut dipakai persamaan (7) dan (8) meliputi.

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

$$e = 2,718$$

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

Dimana:

$R(t)$  = Fungsi keandalan

$\lambda$  = Laju kegagalan sistem

$e$  = Eksponensial

$t$  = Waktu operasi dari perbaikan sampai kerusakan lagi

Rumus keandalan yang telah dijelaskan dipakai guna menilai sehandal apakah sebuah sistem saat mengoperasikan fungsinya tanpa merasakan kegagalan pada jangka waktu tertentu.

g. Jadwal Perawatan

Dalam tahap berikut, langkah yang diambil adalah menentukan tindakan perawatan, yang mencakup perbaikan dan penggantian komponen. Proses ini melibatkan penggunaan nilai MTTF dari setiap komponen, yang kemudian dihitung dengan membaginya dengan 24 jam untuk menetapkan frekuensi tindakan perawatan yang diperlukan. Penetapan perawatan ada dalam rumus (9).

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

Hasil perhitungan tersebut yang hendak dijadikan jadwal perawatan tiap-tiap perangkat/komponen.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

*Failure Mode and Effect Analysis*

Metode yang diterapkan dalam mengevaluasi desain sistem mengikuti Analisa tingkat kegagalan, mengidentifikasi jenis komponen dari sistem yang mengalami kerusakan, serta menilai efek yang muncul lantaran kerusakan terkait [14]. Tiap kegagalan mempunyai bobot yang dipahami sebagai bobot RPN. Makin besar bobot RPN, makin tinggi risiko pada sistem instrumentasinya, dan kebalikannya [15]. Bobot RPN didapat dari hasil evaluasi Berikut, adalah hasil Analisa FMEA dan perhitungan nilai RPN.

Tabel 1. Analisa *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) Instrumentasi *Pulp Dryer*

No	Instrumentasi	SEV	OCC	DET	RPN
1	Temperature Sensor	7	8	7	392
2	Level Transmitter	8	5	7	280
3	Press Transmitter	8	6	6	288
4	On/Off Valve	7	6	5	210
5	Solenoid Valve	7	6	6	252
6	Consistency	7	5	7	245
7	Flow Transmitter	6	7	6	252

Tabel 1 memuat nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* untuk setiap instrumen pada *pulp dryer*, dengan menggunakan rentang nilai dari 1 hingga 10 yang nilainya didapat dari hasil wawancara, kemudian nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* dikalikan untuk mendapatkan bobot RPN. Pada Tabel 1 diketahui bobot RPN komponen instrumentasi *temperature sensor* (392), *level transmitter* (280), *press transmitter* (288), *on/off valve* (210), *solenoid valve* (252), *consistency* (245) dan *flow transmitter* (252).

### Analisa Pareto

Analisa Pareto digunakan dengan tujuan mengamati risiko dan menentukan komponen *pulp dryer* yang memiliki tingkat kegagalan tertinggi. Hasil Analisa FMEA memberikan bobot RPN bagi tiap-tiap perangkat *pulp dryer*. Dalam upaya mengidentifikasi risiko tertinggi di tiap komponennya, bobot RPN diurutkan secara berurutan mulai yang paling tinggi ke yang paling rendah, bisa dicermati pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai RPN Instrumentasi *Pulp Dryer*

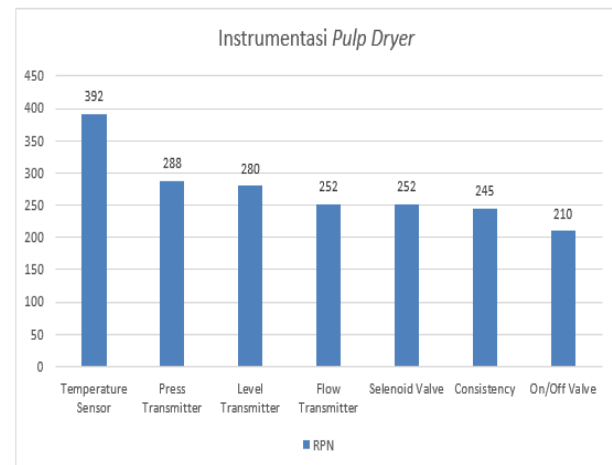
No	Instrumentasi	RPN
1	Temperature Sensor	392
2	Press Transmitter	288
3	Level Transmitter	280
4	Flow Transmitter	252
5	Solenoid Valve	252
6	Consistency Transmitter	245
7	On/Off Valve	210
<b>TOTAL</b>		<b>1919</b>

Langkah berikutnya dalam membuat Diagram Pareto ialah menghitung persentase kumulatif tiap komponen produk. Tujuannya adalah guna memahami persentase total seluruh peralatan di unit *pulp dryer*. Perhitungan dijalankan memakai rumus (2) dan hasilnya bisa dicermati dalam Tabel 3.

Tabel 3 memaparkan bahwasanya bobot persentase kumulatif terpengaruh oleh skor RPN tiap-tiap perangkat. Semakin tinggi skor RPN maka makin kecil persentase kumulatifnya. Data pada tabel memaparkan bobot persentase kumulatif minimum senilai 20.42% untuk perangkat peralatan *temperature sensor*, sedangkan bobot maksimum senilai 99.97% untuk *on/off valve*. Gambar 2 memaparkan bobot RPN dan data persentase kumulatif instrumentasi. Melalui data tersebut bisa diketahui bahwasanya *temperature sensor* mempunyai risiko paling tinggi dengan skor RPN senilai 392 dan persentase kumulatifnya senilai

20.42%, sedangkan *on/off valve* mempunyai skor RPN senilai 210 dan persentase kumulatifnya senilai 99.97%. Sebuah komponen dengan nilai RPN yang rendah menunjukkan komponen yang lebih andal, sementara yang memiliki nilai tinggi menandakan kurangnya keandalan komponen. Standar nilai RPN dalam Metode FMEA adalah 200, nilai di atas 200 menunjukkan kebutuhan penanganan segera [15]. Diagram Pareto menunjang penulis menggambarkan dan memprioritaskan kelompok kejadian dengan mencermati akumulasi nilai, hingga memudahkan menetapkan bobot yang paling dominan [16].

Adapun Diagram Pareto dari sistem terkait meliputi.



Gambar 2. Diagram Pareto Instrumentasi *Pulp Dryer*

### Analisa Ketersediaan (Availability)

Analisa ketersediaan bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan operasional suatu komponen instrumen. Untuk mencapai hasil yang akurat dari analisa ini, diperlukan dua parameter penting, yaitu *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR). Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (4) dan (5). Hasil dari dua perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 3. Nilai Persentase Kumulatif Instrumentasi *Pulp Dryer*

NO	Komponen	RPN	RPN Total Kumulatif	Keseluruhan %	Kumulatif %
1	Temperature Sensor	392	392	20.42	20.42
2	Press Transmitter	288	680	15	35.45
3	Level Transmitter	280	960	14.59	50.01
4	Flow Transmitter	252	1.212	13.13	63.14
5	Solenoid Valve	252	1.464	13.13	76.27
6	Consistency Transmitter	245	1.709	12.76	89.03
7	On/Off Valve	210	1.919	10.94	99.97
Total		1919		100	

Tabel 4. Nilai Mean Time To Failure (MTTF) Instrumentasi Pulp Dryer

No	Instrumentasi	Kegagalan/5 tahun	MTTF (Jam)
1	Temperature Sensor	7	6055
2	Press Transmitter	5	8464
3	Level Transmitter	5	8451.99
4	Flow Transmitter	5	8463.59
5	Solenoid Valve	5	8451.19
6	Consistency Transmitter	6	7053.66
7	On/Off Valve	4	10580

Informasi mengenai jumlah kegagalan instrumentasi pada pulp dryer selama lima tahun terakhir diperoleh melalui wawancara dan observasi lapangan. Dari Tabel 4, dapat diamati bahwa on/off valve memiliki MTTF tertinggi, yang mengimplikasikan bahwa probabilitas kerusakan pada komponen ini cenderung lebih rendah daripada komponen lainnya pada pulp dryer.

Tabel 5. Nilai Mean Time To Repair (MTTR) Instrumentasi Pulp Dryer

No	Instrumentasi	Laju Perbaikan (Jam)	MTTR
1	Temperature Sensor	2	2 Jam
2	Press Transmitter	2	2 Jam
3	Level Transmitter	2	2 Jam
4	Flow Transmitter	2	2 Jam
5	Solenoid Valve	2	2 Jam
6	Consistency	2	2 Jam
7	On/Off Valve	2	2 Jam

Data dalam Tabel 5 menunjukkan bahwa semua komponen instrumen di pulp dryer memiliki total waktu perbaikan selama 2 jam, yang telah ditetapkan sebagai standar oleh perusahaan.

Setelah mendapatkan hasil MTTF dan MTTR dari setiap komponen yang digunakan, langkah berikutnya adalah menggunakan persamaan (6) untuk menghitung nilai keandalan tiap komponen. Hasil perhitungan tersebut kemudian ditampilkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Analisa Ketersediaan Instrumentasi Pulp Dryer

No	Instrumentasi	Nilai MTTF	Nilai MTTR	Ketersediaan
1	Temperature Sensor	6055 Jam	2 Jam	99.99%
2	Press Transmitter	8464 Jam	2 Jam	99.99%
3	Level Transmitter	8451.99 Jam	2 Jam	99.99%

No	Instrumentasi	Nilai MTTF	Nilai MTTR	Ketersediaan
4	Flow Transmitter	8463.59 Jam	2 Jam	99.99%
5	Solenoid Valve	8451.19 Jam	2 Jam	99.99%
6	Consistency	7-53.66 Jam	2 Jam	99.99%
7	On/Off Valve	10580 Jam	2 Jam	99.99%

Informasi dalam Tabel 6 menunjukkan bahwa ketersediaan komponen instrumentasi pada pulp dryer mencapai 99.9%. Hal ini mengindikasikan bahwa komponen instrumentasi pada pulp dryer dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan pada waktu dan keadaan tertentu [17].

### Penilaian Keandalan

Tahap evaluasi keandalan bertujuan untuk menilai kondisi dan tingkat kegagalan peralatan di pulp dryer. Dalam upaya menentukan keandalan individu dari setiap instrumen, langkah-langkah yang dilakukan mencakup penerapan persamaan (7) dan (8). Nilai keandalan instrumen pulp dryer disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Keandalan Instrumentasi Pulp Dryer

No	Komponen	Nilai Keandalan
1	Temperature Sensor	0.386
2	Press Transmitter	0.411
3	Level Transmitter	0.418
4	Flow Transmitter	0.369
5	Solenoid Valve	0.454
6	Consistency	0.364
7	On/Off Valve	0.437

Data dalam Tabel 7 menunjukkan bahwa semua bagian memiliki tingkat keandalan di bawah 0.7. Sesuai dengan Standar Industri Indonesia (SII), ketika nilai keandalan rendah, ini mengindikasikan perlunya melakukan perawatan pada peralatan instrumen [18].

### Jadwal Perawatan

Untuk menentukan jadwal perawatan, menggunakan persamaan (9). Penentuan perawatan tertera pada Tabel 8.

Tabel 8. Jadwal Perawatan Instrumentasi Pulp Dryer

No	Instrumentasi	MTTF (Jam)	Jadwal Perawatan
1	Temperature Sensor	6055	252 Hari
2	Press Transmitter	8464	352 Hari
3	Level Transmitter	8451.99	352 Hari
4	Flow Transmitter	8463.59	352 Hari



No	Instrumentasi	MTTF (Jam)	Jadwal Perawatan
5	<i>Solenoid Valve</i>	8451.19	352 Hari
6	<i>Consistency</i>	7053.66	293 Hari
7	<i>On/Off Valve</i>	10580	440 Hari

Pada tahap ini, dilakukan Analisa terhadap nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dari masing-masing komponen. Nilai MTTF ini kemudian dibagi dengan 24 jam untuk menghitung interval waktu yang tepat guna menentukan jadwal perawatan yang optimal bagi setiap komponen pada *pulp dryer*. Informasi pada Tabel 8 menampilkan jadwal perawatan untuk setiap komponen dalam beberapa waktu sekali yang mana *temperature sensor* (252 hari), *press transmitter* (352 hari), *level transmitter* (352 hari), *flow transmitter* (352 hari), *solenoid valve* (352 hari), *consistency* (293 hari), dan *on/off valve* (440 hari).

PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang khususnya pada unit *pulp dryer* saat ini masih menggunakan jenis perawatan *breakdown maintenance* dimana perawatan dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada komponen instrumentasi yang dapat menghambat proses produksi. Dengan metode yang digunakan pada penelitian menampilkan jenis perawatan *preventive maintenance* terjadwal sebelum terjadinya kerusakan pada komponen instrumentasi yang mampu meningkatkan efisiensi operasional khususnya pada *unit pulp dryer*.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi, terdapat temuan bahwa nilai RPN instrumentasi tertinggi pada *pulp dryer* adalah *temperature sensor* sebesar 392 dan nilai RPN terendah adalah *on/off valve* sebesar 210. Nilai RPN yang tinggi pada penilaian ini mencerminkan adanya potensi risiko yang signifikan terkait dengan setiap instrumen, karena melampaui batas standar yang telah ditentukan, yaitu nilai lebih dari 200. Kondisi ini menuntut pengambilan tindakan perawatan yang tepat dan tepat waktu untuk mengurangi risiko kegagalan serta menjamin keberlangsungan fungsi sistem instrumentasi secara efisien. Oleh karena itu, pengembangan strategi perawatan yang proaktif menjadi penting untuk mitigasi risiko dan pemeliharaan keandalan instrumen dalam menjalankan fungsinya secara efektif.

Berdasarkan hasil evaluasi, terdapat temuan bahwa nilai keandalan instrumen tertinggi ada pada

komponen *solenoid valve* sebesar 0.454, dan nilai keandalan instrumentasi terendah ada pada komponen *consistency* sebesar 0.364. Dengan setiap nilai keandalan instrumen di bawah batas standar yang ditetapkan oleh Standar Industri Indonesia (SII), yaitu kurang dari 0.7, tindakan perawatan ekstra diperlukan pada setiap instrumen. Hal ini penting untuk memastikan bahwa nilai keandalannya mencapai standar yang diinginkan. Sebabnya, keandalan instrumen sangat memengaruhi kinerja dan keandalan sistem secara keseluruhan.

Setelah menelaah hasil Analisa, peneliti merekomendasikan jadwal perawatan untuk setiap komponen dalam beberapa waktu sekali yang mana *temperature sensor* (252 hari), *press transmitter* (352 hari), *level transmitter* (352 hari), *flow transmitter* (352 hari), *solenoid valve* (352 hari), *consistency transmitter* (293 hari), dan *on/off valve* (440 hari). Perencanaan perawatan ini dibuat dengan mempertimbangkan evaluasi nilai keandalan serta berbagai faktor lain yang mempengaruhi kinerja dan umur pakai setiap instrumen. Dengan mengikuti jadwal perawatan yang telah direkomendasikan, diharapkan sistem instrumentasi tersebut dapat tetap tersedia dan berkinerja optimal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengungkapkan rasa terima kasih kepada semua yang telah memberikan panduan, masukan, kritik, dan dukungan selama proses penelitian. Berkat kerja sama, penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

## REFERENSI

- [1] A. K. Paminto and R. S. Sitorus, "Kajian Peningkatan Efisiensi Energi di Industri Pulp dan Kertas," *Jurnal Energi dan Manufaktur*, vol. Vol. 13 No, pp. 1-4, 2020.
- [2] L. Rosmainar, "Analisis Bahan-Bahan Alternatif Pengolahan Dalam Pembuatan Kertas," *Jurnal Inkofar*, vol. vol. 1, pp. 62-67, 2018.
- [3] Eriansyah and Rizki, *Analisis Kinerja Industri Kertas (Isic : 170) di Indonesia*, Skripsi, Palembang: Universitas Sriwijaya, 2020.
- [4] BPS, "PDB Triwulan Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Lapangan Usaha (Miliar Rupiah) 2014-2018," Badan Pusat Statistik, Jakarta, 2018.

- [5] L. N. Safitri, I. Kemala and Aslati, "Manajemen Krisis Public Relations PT. Indah Kiat Pulp and Paper TBK (IKPP) Perawang Terhadap Berkembangnya Isu Pencemaran Lingkungan," *Jurnal Riset Mahasiswa Dakwah dan Komunikasi*, vol. 1, pp. 1-8, 2019.
- [6] Barutu and D. R. E. Udi, Analisis Keandalan Instrumentasi Boiler dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PKS. Murni SAM-SAM, PEKANBARU: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim RIAU, 2021.
- [7] M. I. Pasaribu, D. A. A. Ritonga and A. Irwan, "Analisis Perawatan (Maintenance) Mesin Screw Press Di Pabrik Kelapa Sawit Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Di PT.XYZ," *Jurnal Ilmiah Teknologi Harapan*, vol. 9, pp. 104-110, 2021.
- [8] R. M. Simanungkalit, 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," *Jurnal Teknik*, p. 73, 2022.
- [9] R. I. Yaqin, Zamr and J. P. Siahaan, "Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 9, no. 3, pp. 189-200, 2020.
- [10] M. Abdurrahman, A. W. Rizqi and M. Jufriyanto, "Pengendalian Kualitas Kayu Kering pada Mesin Kiln Dryer untuk Mengurangi Produk Cacat dengan Metode Seven Tools dan Failure Mode Effect Analysis," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 8, pp. 7065-7077, 2023.
- [11] W. Anggraini, M. Fachri, M. Yola and Harpito, "Reliability Centered Maintenance pada Komponen Kritis Mesin Press," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 6, 2020.
- [12] N. Ulfa, J. Alhilman and Nopendri, "Usulan Kebijakan Perawatan Optimal Pada Hydraulic Lubrication Pneumatic (Hlp) System Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Risk Based Maintenance (RBM) di PT Krakatau Steel (PERSERO), TBK," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 4, p. 2591, 2017.
- [13] T. I. Oesman, E. W. Asih and F. H. Akbar, "Analisa Kegagalan Turnine Guide Bearing Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)," *Jurnal Rekavasi*, vol. 5, p. 25, 2017.
- [14] H. Wibowo, A. Sidiq and Ariyanto, "Penjadwalan Perawatan Komponen Kritis Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Perusahaan Karet," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 6, pp. 79-87, 2018.
- [15] T. J. Wibowo, T. S. Hidayatullah and A. Nalhadi, "Analisa Perawatan pada Mesin Bubut dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM)," *Jurnal Rekayasa Industri*, vol. 3, 2021.
- [16] M. Rinoza, Junaidi and F. A. Kurniawan, "Analisa RPN (Risk Priority Number) Terhadap Keandalan Komponen Mesin Kompresordouble Screw Menggunakan Metode Fmea di Pabrik Semen PT. XYZ," *Jurnal Buletin Utama Teknik*, vol. 17, 2021.
- [17] F. P. Pradana, Analisis Keandalan Instrumentasi Continuous Digester Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di Pulp Making 8 PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang Riau, Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 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," *Jurnal Valtech*, vol. 5, 2022.