

KEBIJAKAN PERSEDIAAN SUKU CADANG DI PT ABC MENGUNAKAN METODE RCS (RELIABILITY CENTERED SPARES)

SPARE PART INVENTORY POLICY AT ABC COMPANY USING RCS (RELIABILITY CENTERED SPARES) METHOD

Fransiskus Tatas Dwi Atmaji¹, Anak Agung Ngurah Nanda Utama Putra²
Industrial and System Engineering School, Telkom University
Jln. Telekomunikasi Terusan Buah Batu, Bandung, 40257, Indonesia
franstatas@telkomuniversity.ac.id

Diterima: 08 05 2018

Disetujui: 24 04 2018

Dipublikasi: 31 05 2018

Abstract

Based on data from the production and maintenance department, the highest downtime happen in JDK machine at ABC company. High downtime caused by spare parts lacking or replacement parts when the machine damaged, it cause the engine stop longer. This study analyze and determine spare part inventory the policy, especially critical components in JDK machine. Reliability Centered Spare (RCS) method used in this study, this method essentially determines the optimal spare parts policy for a certain period. The result of research with RCS method shows that the spare parts inventory policy for all critical components of JDK machine in one year ahead by storing or stocking the following amount: packing valve: 469 pieces; teflon: 134 pieces; bearing pump: 10 pieces; mechanical seal: 26 pieces; motor pump: 10 pieces; packing pump: 141 pieces; motor driving reel: 9 pieces; bearing driving reel: 45 pieces; mechanical seal driving reel: 163 pieces; packing heat exchanger: 70 pieces; site glass: 29 pieces; and pressure gauge: 7 pieces.

Keywords: Inventory Policy, Maintenance Management, Reliability Centered Spare (RCS), Spare Part

Abstrak

Berdasarkan data dari bagian produksi dan bagian perawatan mesin, waktu berhenti beroperasi (downtime) untuk mesin JDK di PT.ABC adalah yang tertinggi. Tingginya downtime ini diakibatkan oleh tidak adanya spare part atau komponen pengganti saat mesin tersebut rusak sehingga waktu mesin berhenti semakin lama. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dan menentukan kebijakan persediaan suku cadang, khususnya komponen-komponen kritis yang ada di mesin JDK. Metode Reliability Centered Spare (RCS) digunakan dalam penelitian ini, metode ini pada intinya bertujuan untuk menentukan kebijakan suku cadang yang optimal pada sebuah mesin dalam rentang periode tertentu. Hasil penelitian dengan metode RCS menunjukkan bahwa kebijakan persediaan suku cadang untuk semua komponen kritis mesin JDK dalam satu tahun ke-depan adalah dengan melakukan penyimpanan atau persediaan komponen dengan sejumlah berikut: packing valve :469 buah; teflon:134 buah; bearing pump:10 buah; mechanical seal:26 buah; motor pump:10 buah; packing pump:141 buah;motor driving reel:9 buah; bearing driving reel:45 buah;mechanical seal driving reel:163 buah;packing heat exchanger:70 buah; site glass:29 buah; dan pressure gauge: 7 buah.

Kata kunci: Kebijakan Persediaan, Perawatan Mesin, Reliability Centered Spare (RCS), Suku Cadang

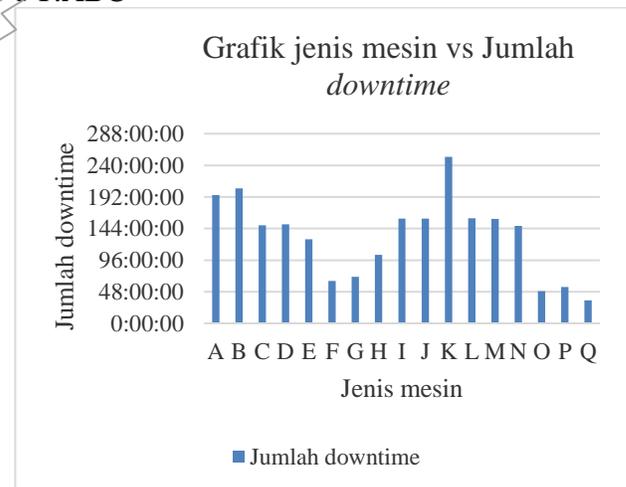
1. PENDAHULUAN

Proses produksi yang berjalan dengan baik tanpa gangguan merupakan harapan dari semua perusahaan. Mesin produksi memerlukan sistem perawatan yang sistematis untuk meminimalkan gangguan saat proses produksi [1]. Saat mesin produksi bekerja selama dua puluh empat jam tanpa berhenti, maka sistem perawatan mesin (*maintenance system*) harus diperhatikan untuk menjamin kelangsungan dan kelancaran proses produksi tersebut [2].

Sistem perawatan mesin pada umumnya terbagi dalam dua bagian besar, yaitu perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) dan perawatan perbaikan (*corrective maintenance*). *Corrective maintenance* adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah komponen atau sistem mengalami kerusakan dan biasanya dilakukan saat mesin sudah berhenti atau *breakdown*. Sedangkan *preventive maintenance* adalah kegiatan perawatan yang dilakukan sebelum komponen atau sistem mengalami kerusakan dan bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan dari mesin atau komponen tersebut [3]. Tujuan *preventive maintenance* adalah: mencegah atau meminimasi terjadinya kegagalan (*prevent failure*), mendeteksi apabila terjadinya kegagalan (*detect onset of failure*), menemukan kegagalan yang tersembunyi (*discover a hidden failure*), meningkatkan *reliability* dan *availability* komponen atau sistem tersebut [4]. Salah satu faktor untuk mendukung sistem perawatan mesin dan kelancaran mesin produksi tersebut adalah sistem persediaan dan tingkat ketersediaan suku cadang (*spare part*) dari mesin itu sendiri, jika mesin mengalami kerusakan dan memang memerlukan pergantian suku cadang, maka diperlukan proses pengadaan terhadap suku cadang tersebut [5], [6].

PT ABC merupakan salah satu perusahaan tekstil di daerah Bandung. PT ABC ini dalam menjalankan proses produksinya mempunyai

beberapa unit produksi seperti unit tektur (*texturizing*), unit pertenunan (*weaving*), unit pencelupan (*dyeing*), dan unit penyelesaian (*finishing*). Kendala utama yang dialami oleh PT ABC adalah di bagian proses *dyeing* karena seringkali mesin produksi di bagian ini tidak mencapai target produksi yang telah ditentukan perusahaan. Proses pencelupan (*dyeing*) merupakan proses mewarnai kain secara merata dengan cara pencelupan dan merupakan tahap penentuan kualitas dari kain yang diproduksi. Untuk menunjang aktivitas pencelupan kain (*dyeing*) ini, terdapat 17 mesin *Jet Dyeing* (JD) yang sama tipe-nya dan beroperasi selama 24 jam dalam sehari. Di bawah ini adalah data *downtime* untuk ke-17 mesin JD yang ada di PT.ABC

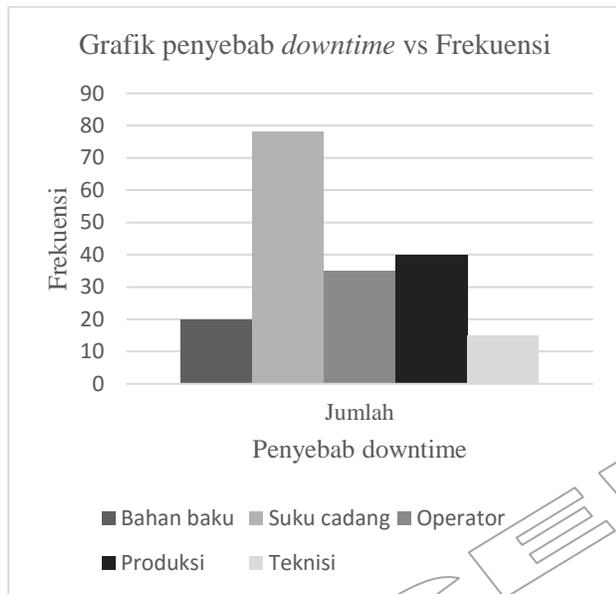


Gambar 1. Grafik jumlah *downtime* mesin Jet-Dyeing (JD)

Gambar 1 memperlihatkan data *downtime* dalam jam untuk mesin JDK selama periode bulan Januari tahun 2010 sampai dengan bulan November tahun 2016. Dengan pertimbangan data tersebut, mesin JDK akan menjadi fokus dalam penelitian ini.

Terjadinya *downtime* pada mesin – mesin produksi, khususnya di mesin JDK ini yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Penelusuran dan penelitian ke bagian produksi dan bagian perawatan mesin (*maintenance*) dilakukan untuk mencari apa saja yang menyebabkan tingginya *downtime* tersebut. Berdasarkan data dari perusahaan, ada

beberapa faktor penyebab utama *downtime* mesin, yaitu : tingkat keterlambatan bahan baku, tingkat ketersediaan suku cadang mesin, tingkat kesiapan operator produksi, tingkat kelancaran proses produksi, tingkat kesiapan teknisi perawatan mesin tim *maintenance*). Data penyebab utama *downtime* mesin JDK ini dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik penyebab *downtime* mesin JDK

Gambar 2 menunjukkan bahwa tingkat ketersediaan suku cadang adalah faktor paling tinggi yang menyebabkan *downtime* mesin, jika dibandingkan faktor-faktor lain. Berdasarkan diskusi dan wawancara lebih mendalam dengan bagian *maintenance*, masalah pengadaan *spare part* dari mesin JDK belum mendapatkan perhatian dan kebijakan khusus atau dalam hal ini belum ada *spare part management* yang khusus dan optimal dari pihak perusahaan. Selama ini, jika terjadi kerusakan pada salah satu komponen mesin, umumnya dilakukan saat komponen mesin tersebut benar-benar rusak dan mesin sudah dalam keadaan tidak bisa berproduksi lagi. Perusahaan masih menggunakan pola dimana jika komponen mesin masih bisa dipakai, maka tetap dipertahankan sampai komponen tersebut rusak total tanpa memperhatikan dan mempertimbangkan umur pakai atau *life time* dan pengaruh dari rusaknya komponen tersebut seperti

downtime yang lama akibat proses produksi berhenti. Untuk meminimasi adanya permasalahan ketersediaan suku cadang di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa, menentukan

dan memberikan usulan kebijakan persediaan suku cadang (*spare part inventory stock policy*) yang optimum, khususnya bagi komponen kritis di mesin JDK.

2. METODE PENELITIAN

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah menentukan bagian komponen atau suku cadang dari mesin JDK yang akan menjadi fokus dan analisa lebih lanjut. *System Breakdown Structure (SBS)* mesin harus dilakukan untuk mempermudah proses identifikasi bagian-bagian dari mesin. *System Breakdown Structure (SBS)* adalah salah satu alat untuk menganalisis, mendokumentasikan dan mengkomunikasikan struktur mesin pada level sistem, subsistem hingga komponen secara terperinci dan terstruktur. *SBS* mengelompokkan sistem di dalam *equipment* berdasarkan pada fungsinya. Sehingga *functional system* yang ada dapat diidentifikasi dengan mudah. *SBS* merupakan langkah awal yang harus dilakukan untuk mengidentifikasi komponen dari suatu sistem untuk selanjutnya dilakukan analisis yang lebih dalam [7]. *SBS* dapat digunakan juga untuk mengidentifikasi *level* dimana *failure* terjadi dan menganalisis efeknya terhadap sistem, subsistem atau komponen yang berhubungan. *SBS* memberikan representasi bagian dari *equipment* dalam bentuk diagram yang saling berkaitan berdasarkan fungsinya. Cara menganalisa *SBS* adalah dengan membagi mesin dalam beberapa bagian utama mesin, seperti bagian: *electrical system, mechanical system, pneumatic system, hydrolic system, machine support system*. Dari bagian-bagian utama mesin tersebut akan di bagi menjadi bagian yang lebih rinci atau sub-sistem dan bagian komponen. Setelah dilakukan analisa

SBS, maka langkah selanjutnya adalah menentukan komponen atau suku cadang kritis dari pembagian SBS sebelumnya. Penentuan dan pemilihan suku cadang kritis ini menggunakan metode *Risk Priority Number* (RPN). RPN merupakan metode untuk mengidentifikasi komponen kritis atau *criticality* dari suatu sistem.[4], [8]. Identifikasi *criticality* diperlukan karena tidak semua *equipment* atau mesin memiliki tingkat kekritisannya yang sama. Dampak yang ditimbulkan dari kegagalan tersebut juga berbeda tingkat risikonya. Selain itu dengan mengidentifikasi *criticality* dari suatu komponen, perusahaan dapat menentukan strategi maintenance terbaik yang akan dipilih. Tahapan untuk perhitungan RPN adalah dengan melakukan total perhitungan antara ke-3 faktor RPN yaitu : *severity*, *occurrence* dan *detection* [9]. *Severity*, adalah tingkat efek yang akan ditimbulkan dari kegagalan atau kerusakan komponen, *occurrence*, menunjukkan seberapa sering kegagalan atau kerusakan komponen itu muncul, sedangkan *detection*, menunjukkan seberapa peluang mendeteksi kegagalan sebelum kegagalan atau kerusakan tersebut muncul. Penilaian dari ke-3 faktor tersebut menggunakan skala penilaian antara 1-10 dengan nilai 10 berarti memiliki dampak yang sangat besar, sering atau bahkan selalu terjadi. Faktor-faktor tersebut dikalikan dan akan didapatkan nilai prioritas dengan nilai komponen yang paling besar akan membutuhkan perhatian yang khusus dikarenakan memiliki tingkat *criticality* tertinggi. Setelah terpilih komponen (suku cadang) kritisnya, kemudian dari data *history* kerusakan masing-masing komponen kemudian ditentukan *Mean Time To Failure* (MTTF), *Mean Time To Repair* (MTTR), *Mean Time Between Failure* (MTBF). *Mean Time To Failure* merupakan rata-rata selang waktu kerusakan dari suatu distribusi kerusakan, *Mean Time To Repair* merupakan rata-rata waktu perbaikan dari sebuah komponen. *Mean Time*

Between Failure merupakan waktu antar-kegagalan atau waktu rata-rata atau ekspektasi kegagalan dari suatu komponen yang beroperasi pada kondisi normal. Untuk perhitungan MTTF, MTTR, MTBF menggunakan rumus-rumus dasar kehandalan sebagai berikut [10].

$$MTTF = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \quad (1)$$

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2)$$

$$MTTR = \int_0^{\infty} th(t) dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt \quad (3)$$

dengan :

t : waktu

f(t) : fungsi waktu

R(T) : fungsi keandalan

th(t) : fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan (TTR)

H(t) : fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan (TTR)

Terdapat beberapa jenis fungsi distribusi kerusakan berdasarkan *reliability* yang sering digunakan untuk menganalisa masalah perawatan diantaranya yaitu: distribusi Eksponensial, distribusi Normal, dan distribusi Weibull. Data-data kerusakan dari komponen kritis di analisa menggunakan *software* Minitab 17 dan AvSim 9.0 untuk menentukan jenis distribusi kerusakannya. *Software* Minitab 17 dan AvSim 9.0 adalah salah satu *software* untuk menghitung dan menentukan jenis distribusi yang mewakili kerusakan yang ada dalam komponen kritis mesin. Langkah selanjutnya adalah pengolahan dan analisa data menggunakan metode *Reliability Centered Spares* (RCS). Metode ini pada dasarnya suatu pendekatan untuk menentukan *level* inventori suku cadang berdasarkan *trough-life costing* dan kebutuhan peralatan dan operasi perawatan dalam mendukung sistem produksi sebuah mesin [11], [12]. Dalam pelaksanaan perhitungan RCS ini suku cadang atau komponen akan di bagi menjadi komponen yang bisa diperbaiki (*repairable*) dan komponen yang tidak bisa di perbaiki (*non repairable*).

Perhitungan suku cadang ini berdasarkan laju kerusakan (*failure rate*) masing masing komponen kritis dengan menggunakan *Poisson Proses* [13]–[15]. Untuk komponen yang tidak bisa di perbaiki (*non repairable*) menggunakan rumus berikut:

$$\lambda t = \frac{A \times N \times M \times T}{MTTF} \quad (4)$$

Sedangkan untuk komponen yang bisa diperbaiki (*repairable*) menggunakan rumus:

$$\lambda t = \frac{A \times N \times M \times T}{MTBF} \quad (5)$$

dengan

λt : laju kerusakan (*failure rate*)

A : jumlah Komponen

P : *confidence level*

N : jumlah unit/ mesin yang digunakan

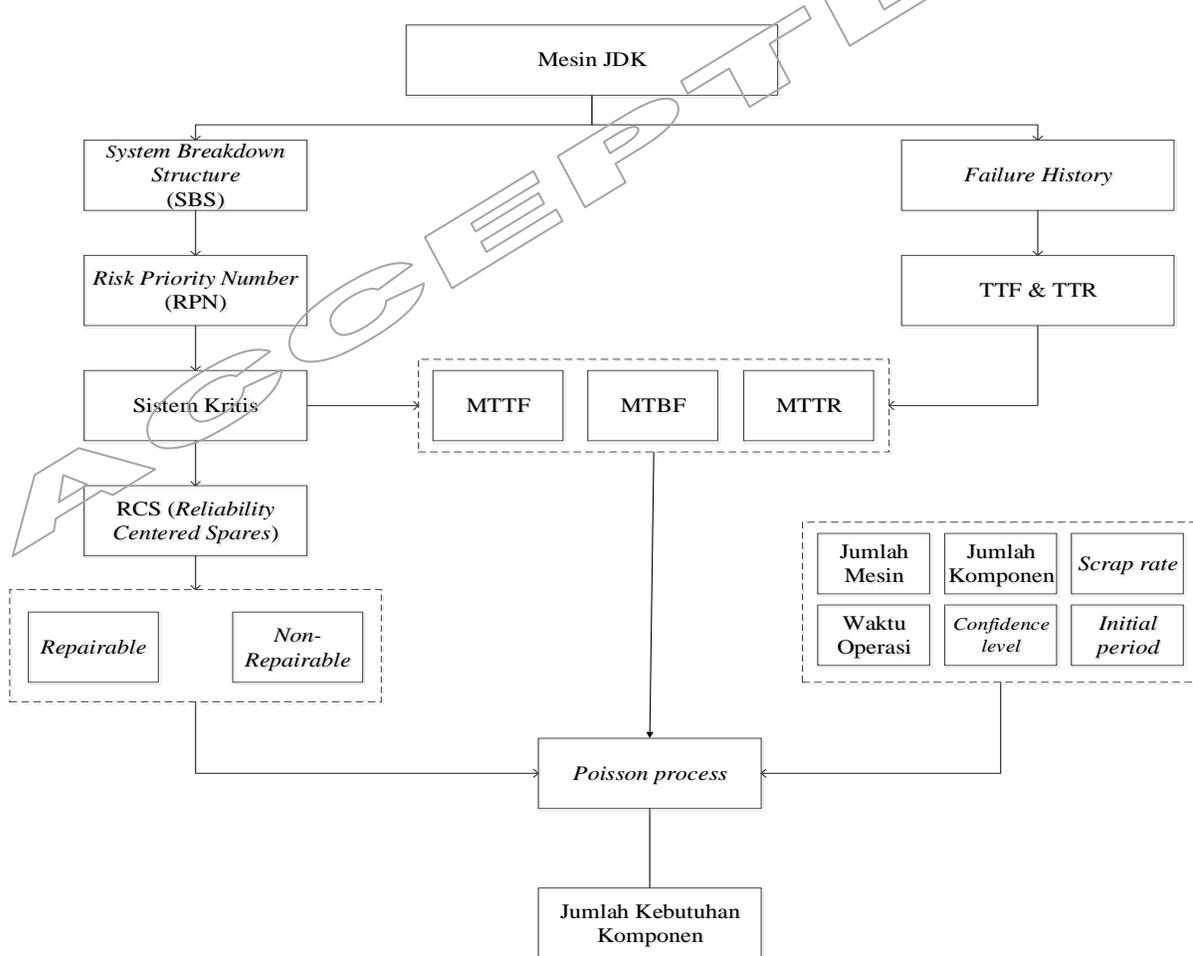
T : *initial period*

M : *utility/operating machine*

MTTF : *Mean Time To Failure*

MTBF : *Mean Time Between Failure*

RCS dapat berfungsi untuk memastikan ketersediaan suku cadang dalam melakukan *maintenance*, menentukan strategi *spare part*, dan jumlah *spare part* yang dibutuhkan dalam kurun waktu tertentu, misalnya dalam periode satu tahun. Gambar 3. menunjukkan dan menjelaskan langkah atau alur utama dalam penelitian ini

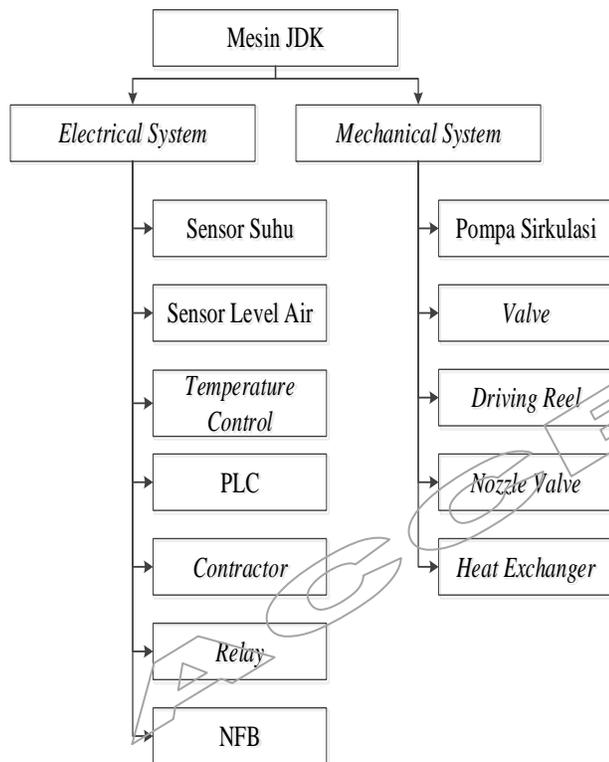


Gambar 3. Metode Penelitian

Dari gambar 3. tentang metode penelitian, dapat ditambahkan bahwa *repairable spare* merupakan komponen yang rusak dan dapat dikembalikan ke keadaan operasionalnya dengan cara diperbaiki. Sedangkan komponen *non-repairable* merupakan komponen yang ketika dilakukan perbaikan akan sangat sulit untuk dilakukan bahkan tidak memungkinkan atau justru biaya perbaikan itu sendiri lebih besar daripada biaya pembelian komponen; sehingga akan lebih baik untuk menggantinya langsung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang dapat diketahui bahwa *downtime* mesin JDK adalah tertinggi yang disebabkan oleh permasalahan suku cadang dari mesin tersebut. Hasil analisa dan *System Breakdown Structure* (SBS) untuk mesin JDK seperti di jelaskan pada gambar 4.



Gambar 4. *Sistem Breakdown Structure* Mesin JDK

Pada gambar 4. dapat dilihat bahwa sistem yang ada pada mesin JDK terbagi menjadi dua yaitu : *Electrical System* dan *Mechanical System*. Sub-sistem pada *Electrical System* terdiri dari sensor suhu, *sensor level air*, PLC, *temperature control*, *contactor*, NFB, dan relay. Sedangkan, sub-sistem pada *Mechanical System* terdiri dari *valve*, pompa sirkulasi, *driving reel*, *heat exchanger*, dan *nozzle valve*. Setelah dilakukan

Sistem	Sub sistem	Frekuensi Kerusakan
Mechanical	Valve	28
	Circulation Pump	21
	Driving Reel	55
	Heat exchanger	7
	Nozzle Valve	9
Electrical	Temperature sensor	3
	Water Level	1
	Temperature control	2
	PLC	1
	Contractor	1
	Relay	3
	NFB	2

proses *breakdown* sistem komponen mesin JDK, maka langkah selanjutnya adalah perlu dilakukan proses pemilihan komponen kritis yang akan menjadi fokus utama penelitian ini. Penentuan sistem kritis dilakukan dengan memperhitungkan juga banyaknya frekuensi kerusakan yang terjadi pada sistem – sistem yang ada pada mesin JDK. Tabel 1 menunjukkan frekuensi kerusakan sistem – sistem yang ada pada mesin JDK.

Berdasarkan tabel. 1 dapat disimpulkan bahwa pada interval tahun 2010 hingga tahun 2016, kerusakan tertinggi terjadi pada *mechanical system*, yaitu sebesar 90,23% dengan jumlah kerusakan sebanyak 120 kali. Frekuensi tertinggi kerusakan untuk bagian *mechanical*

adalah di komponen *valve* dan yang terendah adalah di komponen *heat exchanger*.

Dari data kerusakan mesin, maka selanjutnya dilakukan perhitungan dan pemilihan komponen kritis berdasarkan metode RPN. Perhitungan dengan metode RPN berdasarkan perhitungan ke-3 faktor antara tingkat *severity*, *occurrence*, *detection*. Untuk mendapatkan angka akhir dari RPN ini, sesuai dengan yang sudah di jelaskan di metode penelitian bahwa nilai dari ke-3 faktor tersebut dinilai dengan skala penilaian antara 1-10. Contoh untuk perhitungan komponen

No.	Sub-sistem	RPN
1	<i>Circulation Pump</i>	252
2	<i>Valve</i>	216
3	<i>Driving Reel</i>	210
4	<i>Nozzle Valve</i>	200
5	<i>Heat Exchanger</i>	180
6	<i>NFB</i>	48
7	<i>Contractor</i>	32
8	<i>Relay</i>	30
9	<i>Temperature Control</i>	24
10	<i>Water Level Sensor</i>	21
11	<i>Temperature Sensor</i>	18
12	<i>PLC</i>	15

circulation pump, penilaian tingkat *severity*: 7; *occurrence* : 6, dan *detection*: 6, ke-3 nilai tersebut dikalikan dan menghasilkan angka akhir 252. Berikut ini merupakan tabel hasil perhitungan RPN yang merupakan ranking sub-sistem mesin JDK.

Dengan menggunakan RPN ini komponen kritis baik di *mechanical system* maupun *electrical*

system akan diurutkan dari tingkat tertinggi ke yang terendah.

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai sub-sistem yang kritis dari setiap sub-sistem yang ada. Sistem *mechanical* yang terdiri dari 5 sub-sistem yaitu : *circulation pump*, *valve*, *driving reel*, *nozzle valve*, dan *heat exchanger* mempunyai nilai rating yang lebih tinggi dari sistem *electrical*. Hal ini dikarenakan rentang sistem *electrical* untuk mengalami kerusakan cenderung lebih lama dari pada sistem *mechanical*. Dari ke-5 sub-sistem *mechanical* ini kemudian di *breakdown* kembali dan terdapat 12 komponen yang menyusun sub-sistem ini. Berikut ini adalah tabel untuk ke-12 komponen kritis untuk mesin JDK. Ke-12 komponen inilah yang akhirnya menjadi fokus perhitungan menggunakan metode RCS.

Tabel 3. Komponen kritis mesin JDK

No	Komponen kritis
1	<i>Packing Valve</i>
2	<i>Teflon</i>
3	<i>Bearing Pump</i>
4	<i>Mechanical Seal</i>
5	<i>Motor Pump</i>
6	<i>Packing Pump</i>
7	<i>Motor Driving Reel</i>
8	<i>Bearing Driving Reel</i>
9	<i>Mechanical Seal Driving Reel</i>
10	<i>Packing Heat Exchanger</i>
11	<i>Site Glass</i>
12	<i>Pressure gauge</i>

Ke-12

Tabel 2. Komponen kritis mesin

komponen tersebut dikelompokkan dalam pembagian sebagai berikut; untuk *circulation pump* terdiri dari : *motor pump*, *packing pump*, dan *bearing pump*. Untuk *valve* terdiri dari *packing valve*. Untuk *driving reel* terdiri dari : *motor driving reel*, *bearing driving reel*, dan *mechanical seal driving reel*. Untuk *Nozzle valve* terdiri dari : *teflon* dan *site glass*. Untuk *heat exchanger* terdiri dari : *packing heat exchanger*, *pressure gauge*, dan *mechanical seal*. Langkah selanjutnya adalah penentuan distribusi dari data kerusakan komponen-komponen tersebut. Pengujian distribusi dilakukan menggunakan *software* Minitab 17. Hasil pengujian berupa parameter-parameter dalam distribusi komponen dan juga jenis distribusi pada tiap komponen. Suatu distribusi dapat dikatakan mewakili apabila nilai uji Anderson Darling (AD) terkecil dan P-Value > 0,01 (tingkat kepercayaan yang diberikan yaitu 99%). Jika terdapat lebih dari satu distribusi yang mewakili, maka dipilih salah satu distribusi memiliki nilai AD terkecil. Contoh pengujian distribusi untuk komponen *packing valve*. Dari perhitungan didapat bahwa hasil uji distribusinya: distribusi Eksponensial nilai AD: 0,781, P-Value: 0.195. Uji hasil distribusi Weibull nilai AD: 0,541, P-Value: 0.159; Uji hasil distribusi Normal nilai AD: 0,573, P-Value: 0.105. Distribusi Weibull yang terpilih karena nilai P-Value > 0,01 dan nilai AD yang terkecil. Setelah mendapatkan distribusi serta parameter pada setiap komponen, kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari MTTF dan MTTR mengacu pada rumus sebelumnya. Berikut ini contoh untuk perhitungan MTTF komponen *packing valve*. Dari perhitungan didapatkan *packing valve*, distribusi yang terpilih adalah distribusi Weibull, parameter skala (η); 1122, parameter bentuk (β): 0.601282. Perhitungan $(1/\beta+1)$: 2.663113148, dari tabel Gamma: 1.500405852, sehingga di peroleh hasil perhitungan MTTF: 1683.455366 jam. Hasil pengujian distribusi dan perhitungan MTTF

untuk ke-12 komponen kritis ditampilkan di tabel 4.

Dari tabel 4 ini dapat diketahui semua distribusi yang mewakili data-data kerusakan untuk komponen kritis dan hasil perhitungan MTTF setiap komponen kritis tersebut. Rata-rata selang kerusakan ini berdasarkan perhitungan dari rumus-rumus kehandalan di persamaan sebelumnya. Selain MTTF, juga dilakukan pengujian distribusi serta parameter untuk MTTR. Berikut ini contoh untuk perhitungan MTTR komponen *packing valve*. Dari perhitungan didapatkan *packing valve*, distribusi yang terpilih adalah distribusi Weibull, parameter skala (η); 1.40381, parameter bentuk

Komponen kritis	Distribusi	MTTF (Jam)
<i>Packing Valve</i>	Weibull	1683.97
<i>Teflon</i>	Weibull	3158,03
<i>Bearing Pump</i>	Normal	14910.10
<i>Mechanical Seal</i>	Weibull	4925.32
<i>Motor Pump</i>	Weibull	7103.89
<i>Packing Pump</i>	Weibull	1493.78
<i>Motor Driving Reel</i>	Weibull	7391.64
<i>Bearing Driving Reel</i>	Weibull	5241.83
<i>Mechanical Seal Driving Reel</i>	Weibull	1375.15
<i>Packing Heat Exchanger</i>	Weibull	6406.14
<i>Site Glass</i>	Weibull	4437.37
<i>Pressure gauge</i>	Weibull	7116.87

Komponen kritis	Distribusi	MTTR (Jam)
<i>Packing Valve</i>	Weibull	1.43
<i>Teflon</i>	Weibull	0.96
<i>Bearing Pump</i>	Normal	12.95
<i>Mechanical Seal</i>	Weibull	1.93
<i>Motor Pump</i>	Weibull	11.68
<i>Packing Pump</i>	Eksponensia 1	1.21
<i>Motor Driving Reel</i>	Normal	1.55
<i>Bearing Driving Reel</i>	Normal	2.37
<i>Mechanical Seal Driving Reel</i>	Eksponensia 1	1.92
<i>Packing Heat Exchanger</i>	Weibull	0.99
<i>Site Glass</i>	Weibull	0.50
<i>Pressure gauge</i>	Normal	1.05

(β): 0.955625. Perhitungan $(1/\beta+1)$: 2.663113148, dari tabel Gamma: 2.046435579, sehingga di peroleh hasil perhitungan MTTR: 1.432628513 jam.

Tabel 4. Data distribusi dan MTTF Komponen

Tabel 5 menunjukkan hasil distribusi yang mewakili kerusakan komponen dan perhitungan MTTR. MTTR menunjukkan rata-rata waktu perbaikan (*repair*) untuk komponen-komponen kritis pada mesin JDK. Rata-rata waktu perbaikan ini menunjukkan bahwa untuk komponen *bearing pump* paling lama, yaitu sekitar 13 jam, sedangkan yang rata-rata

perbaikannya yang paling cepat adalah *site glass* yaitu 0.5 jam.

Tabel 5. Data distribusi dan MTTR Komponen

Setelah melakukan semua proses, analisa dan perhitungan dari penentuan SBS, RPN, dan penentuan distribusi serta MTTF, MTTR, maka selanjutnya dilakukan perhitungan akhir kebutuhan komponen kritis menggunakan metode RCS. Sebelum proses perhitungan RCS, maka komponen kritis dibagi menjadi dua, yaitu, komponen yang tidak bisa diperbaiki (*non-repairable spare*) dan komponen yang bisa diperbaiki (*repairable spare*).

Non-repairable spare merupakan suatu keadaan komponen sulit untuk dilakukan perbaikan dan tidak memungkinkan untuk dilakukan atau ketika biaya perbaikan justru lebih besar dibandingkan dengan biaya pembelian komponen. Sedangkan untuk *repairable spare* merupakan komponen yang rusak dan dapat dikembalikan ke keadaan operasionalnya dengan cara diperbaiki. Komponen *non-repairable* pada bagian *mechanical* dari mesin JDK adalah *bearing pompa*, *mechanical seal pompa*, *packing pompa*, *teflon valve*, *packing valve*, *bearing driving reel*, *mechanical seal driving reel*, *pressure setting nozzle valve*, *site glass heat exchanger*, *packing heat exchanger*. Komponen kritis yang termasuk kedalam komponen *repairable* pada penelitian ini adalah *Motor pump*, *Pressure gauge*, dan *Motor driving reel*. Untuk persediaan komponen yang *repairable* ini, setiap kali komponen yang mengalami kegagalan atau komponen yang diambil dari sistem operasi mesin, akan digantikan oleh cadangannya, dalam hal ini ada *stock spare part* tersebut di bagian *maintenance*. Komponen yang rusak tersebut selanjutnya dibawa ke bengkel untuk dilakukan perbaikan atau rekondisi. Setelah perbaikan selesai dilakukan, komponen tersebut dijadikan sebagai cadangan jika sewaktu waktu terjadi kerusakan atau kegagalan lagi. Untuk kondisi tersebut, di diasumsikan bahwa perbaikan di bengkel

menjadikan komponen kembali sempurna yaitu komponen dapat dikembalikan ke kondisi semula. Jika komponen yang diperbaiki tersebut sudah tidak memungkinkan dapat diperbaiki lagi maka harus dilakukan pergantian komponen. Keputusan ini diakibatkan oleh faktor ekonomi dimana biaya perbaikan yang dilakukan justru lebih besar daripada biaya pergantian komponen atau tidak memungkinkannya komponen yang diperbaiki tadi bisa kembali ke fungsi awalnya. Untuk perhitungan RCS berdasarkan *Poisson process* menggunakan rumus di Pers. (4) dan Pers.(5). Berikut ini contoh perhitungan untuk menentukan kebutuhan *spare* dari komponen *Packing Valve*. Data-data yang diperlukan adalah:

A (Jumlah Komponen) : 8 buah

P (*Confidence Level*) : 95%

N (Jumlah Unit/ Mesin yang digunakan) : 17

T (*Initial Period*) : 12 bulan

M (*Utility/Operating Machine*) : 16 jam/hari x

n	fact(n-1)	exp(-λt)	λ ⁿ /n!	P
468	1.44E+1048	2.41E-189	2.14E+186	0.94
469	6.77E+1050	2.41E-189	1.98E+186	0.95
470	3.18275E+1053	2.41E-189	1.83E+186	0.96

28 hari/bulan : 448 jam/bulan

Maka perhitungan λt menggunakan rumus di Pers.(4):

$$\frac{A \times N \times M \times T}{MTTF}$$

Sehingga didapat λt(laju kerusakan) untuk komponen *packing valve* adalah:

$$\lambda t = \frac{8 \times 17 \times 448 \times 12}{1683.455} = 434.31$$

Untuk mengkonversi hasil laju kerusakan ke dalam jumlah kebutuhan komponen, langkah selanjutnya adalah hasil dari perhitungan λt ini kemudian dimasukkan dalam tabel perhitungan berikut ini:

Tabel 6. Contoh hasil perhitungan komponen *packing valve*

Tabel 6 menunjukkan contoh hasil perhitungan untuk perkiraan kebutuhan komponen kritis mesin JDK pada komponen *packing valve*. Dari

tabel dapat dilihat bahwa, untuk mencapai tingkat kepercayaan (P) ketersediaan komponen minimal 95 %, maka jumlah minimal komponen (n): sebanyak 469 buah. Jika di dibandingkan dengan sistem pengendalian yang ada di perusahaan, maka sangat berbeda karena selama ini perusahaan kurang memperhatikan persediaan komponen dan hanya berdasarkan perkiraan dan pengalaman tahun-tahun sebelumnya. Perhitungan untuk kebutuhan komponen ini juga di lakukan untuk ke-12 komponen kritis lainnya. Hasil akhir perhitungan untuk usulan kebijakan persediaan suku cadang komponen kritis mesin JDK dapat di lihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil perhitungan spare part dgn RCS

Komponen kritis	Kebijakan	Jumlah
<i>Packing Valve</i>	Simpan	469
<i>Teflon</i>	Simpan	134
<i>Bearing Pump</i>	Simpan	10
<i>Mechanical Seal</i>	Simpan	26
<i>Motor Pump</i>	Simpan	10
<i>Packing Pump</i>	Simpan	141
<i>Motor Driving Reel</i>	Simpan	9
<i>Bearing Driving Reel</i>	Simpan	45
<i>Mechanical Seal Driving Reel</i>	Simpan	163
<i>Packing Heat Exchanger</i>	Simpan	70
<i>Site Glass</i>	Simpan	29
<i>Pressure gauge</i>	Simpan	7

Tabel 7 menunjukkan hasil perhitungan akhir untuk perkiraan kebutuhan komponen kritis mesin JDK. Kebutuhan untuk komponen *packing valve* berdasarkan hitungan RCS sebanyak 469 buah, sedangkan untuk kebutuhan komponen *pressure gauge*, sebanyak 7 buah. *Packing valve* dalam hal ini menempati urutan tertinggi karena komponen ini dalam prakteknya memang sering rusak dan sekali penggantian memerlukan 8 buah *packing valve* sekaligus (1 set) sehingga kebutuhan persediaan komponennya juga paling tinggi. Sedangkan untuk komponen *pressure gauge*, untuk sekali penggantian hanya memerlukan 1 buah, sehingga untuk kebutuhan persediaannya dalam satu tahun hanya sebanyak 7 buah. Hasil perhitungan kebutuhan komponen menggunakan metode RCS ini mengasumsikan probabilitas jumlah kerusakan untuk kurun waktu satu (1) tahun ke depan, sehingga jumlah persediaan komponen yang optimal untuk komponen kritis dari mesin JDK adalah minimal sesuai dengan yang di tabel 7 tersebut. Komponen-komponen kritis yang bentuknya atau komponen dasarnya adalah semacam *valve*, *packing*, dan *seal* memerlukan jumlah persediaan yang relatif lebih banyak karena komponen-komponen tersebut memang sangat riskan rusak dan kalau rusak, bocor atau sobek pasti harus di ganti, tidak bisa di perbaiki (*repair*) kembali.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian dengan metode RCS menunjukkan bahwa kebijakan persediaan suku cadang untuk semua komponen kritis mesin JDK dalam satu tahun ke depan adalah dengan melakukan penyimpanan atau persediaan komponen dengan sejumlah berikut: *packing valve* :469 buah; *teflon*:134 buah; *bearing pump*:10 buah; *mechanical seal*:26 buah; *motor pump*:10 buah; *packing pump*:141 buah; *motor driving reel*:9 buah; *bearing driving reel*:45 buah; *mechanical seal driving reel*:163 buah; *packing heat exchanger*:70 buah; *site glass*:29

buah; dan *pressure gauge*: 7 buah. Dengan adanya usulan kebijakan persediaan suku cadang atau komponen kritis ini, di harapkan mesin JDK dapat terus beroperasi dan tidak mengalami kendala yang akibat ketiadaan komponen. Untuk penelitian selanjutnya, dapat ditambahkan analisa perhitungan komponen kritis dengan mempertimbangkan *lead time* pemesanan, *re-order point* dan *stock inventory* minimum komponen kritis mesin JDK.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. T. D. Atmaji, "Optimasi Jadwal Perawatan Pencegahan Pada Mesin Tenun Unit Satu Di PT KSM, Yogyakarta," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 2, no. April, pp. 7–11, 2015.
- [2] J. Alhilman, F. T. D. Atmaji, and N. Athari, "Software application for maintenance system: A combination of maintenance methods in printing industry," in *2017 5th International Conference on Information and Communication Technology, ICIC7 2017*, 2017.
- [3] M. Holgado and L. Fumagalli, "Value-in-use of e-maintenance in service provision: survey analysis and future research agenda," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 28, pp. 138–143, 2016.
- [4] D. J. Smith, "Reliability, Maintainability and Risk," *Reliab. Maintainab. Risk*, pp. 29–37, 2011.
- [5] C. Diallo, D. Ait-Kadi, and A. Chelbi, "Integrated spare parts management," in *Handbook of Maintenance Management and Engineering*, 2009, pp. 191–222.
- [6] "Spare Parts Forecasting and Management," in *Springer Series in Reliability Engineering*, vol. 25, 2010, pp. 409–432.
- [7] P. Slater, "The What , Why and How of the Reliability Centered Spares (RCS) Process," *Spare Parts Know How*, p. 8, 2013.
- [8] M. Dogra, V. S. Sharma, A. Sachdeva, and J. S. Dureja, "TPM-A KEY STRATEGY FOR PRODUCTIVITY IMPROVEMENT IN PROCESS INDUSTRY," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–16, 2011.
- [9] A. J. Guillén, A. Crespo, J. F. Gómez, and M. D. Sanz, "A framework for effective management of condition based maintenance programs in the context of industrial development of E-Maintenance strategies," *Comput. Ind.*, vol. 82,

- pp. 170–185, 2016.
- [10] J. Moubray, “Reliability centered maintenance,” *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. pp. 397–415, 2009.
 - [11] R. W. Peters, “Reliable Maintenance Planning, Estimating, and Scheduling,” 2015.
 - [12] N. P. Riyanto, W. A. Jauhari, A. Aisyati, and C. N. Rosyidi, “Developing maintenance policy for solna printing machine with reliability centered maintenance (RCM II),” in *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2014, vol. 2210, no. January.
 - [13] W. van Jaarsveld, T. Dollevoet, and R. Dekker, “Improving spare parts inventory control at a repair shop,” *Omega (United Kingdom)*, vol. 57, pp. 217–229, 2015.
 - [14] W. Van Jaarsveld and R. Dekker, “Spare parts stock control for redundant systems using reliability centered maintenance data,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 96, no. 11, pp. 1576–1586, 2011.
 - [15] E. Calixto, *Chapter 4 - Reliability, Availability, and Maintainability (RAM Analysis)*. 2016.