

**USULAN PENGELOLAAN DAN PERBANDINGAN SUKU CADANG MESIN
JET-DYEING DENGAN METODE *RELIABILITY CENTERED SPARES* (RCS) DAN
MODIFIED ECONOMIC ORDER QUANTITY (EOQ) DI PT XYZ**

***PROPOSED JET-DYEING MACHINE SPARE PARTS MAINTENANCE AND COMPARISON
WITH RELIABILITY CENTERED SPARES (RCS) AND MODIFIED ECONOMIC ORDER
QUANTITY (EOQ) IN PT XYZ***

Anak Agung Ngurah Nanda Utama Putra ¹, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji ², Endang Budiasih ³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, ³ Universitas Telkom

¹ nanda280395@gmail.com ² franstatas@telkomuniversity.ac.id ³ endangbudiasih@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang industri tekstil. Salah satu mesin yang ada pada PT XYZ adalah mesin Jet-Dyeing. Mesin Jet-Dyeing merupakan mesin yang memiliki peran penting dalam proses produksi di PT XYZ yaitu pada proses pencelupan yang digunakan untuk memberi warna pada kain. Dilihat dari data total produksi mesin Jet-Dyeing, ditemukan bahwa pada bulan Juni – Agustus 2016 total produksi dari mesin Jet-Dyeing tidak memenuhi target produksi pada bulan tersebut. Hal ini disebabkan oleh frekuensi dan jumlah *downtime* yang tinggi dari 17 mesin Jet-Dyeing, dengan mesin Jet-Dyeing K sebagai mesin terpilih sebagai objek penelitian karena memiliki jumlah *downtime* tertinggi yaitu sebesar 256 jam dan frekuensi *downtime* tertinggi ketiga yaitu sebesar 125. Segala bentuk kegagalan yang terjadi akan berdampak pada *spare part* mesin, oleh karena itu penentuan kebutuhan *spare part* yang tepat merupakan suatu hal yang penting untuk mendukung produktivitas perusahaan. Dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan beberapa metode yaitu RCS (*Reliability Centered Spares*) yang digunakan dalam penentuan jumlah kebutuhan *spare part* dan EOQ (*Economic Order Quantity*) termodifikasi untuk menentukan *re-order point* dan *actual purchasing* dari *spare part*. Penelitian ini berfokus pada sistem dan sub-sistem kritis mesin Jet-Dyeing berdasarkan banyaknya kerusakan yang terjadi serta dengan menggunakan analisis RPN (*Risk Priority Number*) untuk mendapatkan sub sistem yang kritis berdasarkan risiko yang dimiliki. Setelah dilakukan perhitungan diperoleh jumlah kebutuhan *spare part* sub-sistem pompa sirkulasi menggunakan RCS didapatkan hasil sebesar 34 unit untuk motor pompa, 10 unit untuk *bearing* pompa, 141 unit untuk *packing* pompa, dan 26 unit untuk *mechanical seal* pompa. Diperoleh pula jumlah kebutuhan *spare part* untuk sub-sistem *valve*, *driving reel*, *nozzle valve*, dan *heat exchanger* yaitu sebesar 134 unit untuk *telfon valve*, 469 unit untuk *packing valve*, 45 unit untuk *bearing driving reel*, 163 unit untuk *mechanical seal driving reel*, 34 unit untuk motor *driving reel*, 34 unit untuk *pressure setting*, 29 unit untuk *site glass*, dan 70 unit untuk *packing heat exchanger*. Hasil perbandingan olahan data antara RCS dan EOQ termodifikasi, didapatkan kesimpulan bahwa metode EOQ termodifikasi dapat digunakan pada sub-sistem yang memiliki sub-sistem identik pada sistem yang bersangkutan. Dengan mengimplementasikan kebutuhan *spare part* usulan, perusahaan diharapkan dapat menggunakan kebijakan tersebut sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan kebutuhan *spare part* mesin Jet-Dyeing.

Kata Kunci – RPN, *Reliability Centered Spares*, *Modified EOQ*, Mesin Jet-Dyeing

Abstract

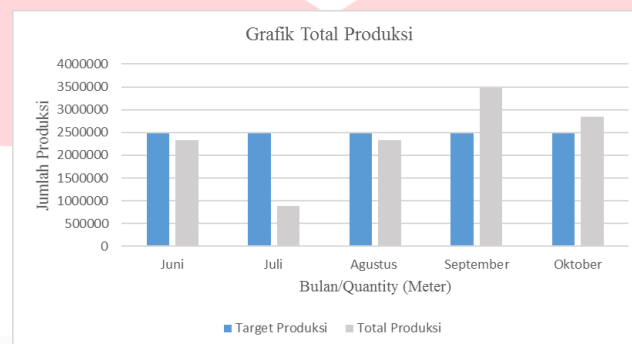
PT XYZ are one of many industries that mainly focusing on textile production. The Jet-Dyeing machine are one of many machines that operates in PT XYZ. The Jet-Dyeing machine carry a quite important role in PT XYZ production process which used for dyeing purposes, i.e. coloring woven fabrics. The Jet-Dyeing machine if seen from the perspective of its total production data, it is known that the Jet-Dyeing machine total production from June – August 2016 doesn't meet the production target of that month. This happens due to high amount of downtime frequency and duration of all 17 Jet-Dyeing machine, with the K Jet-Dyeing machine as the object of study with the longest downtime duration which amount to 256 hours and the third highest downtime frequency which amount to 125 times. Any failure received by the Jet-Dyeing will affect its spare parts, therefore, determining the appropriate amount of spare part needed are very important to bolster PT XYZ productivity. This study are done based several methods like RCS (*Reliability Centered Spares*) to determine the spare part needs and modified EOQ (*Economic Order Quantity*) to determine *re-order point* and *actual purchasing* of the spare part. This study focused on critical system and sub-system of the Jet-Dyeing machine based on how many failures happened which processed using RPN (*Risk Priority Number*) analysis to determine the critical sub-system based on the amount of risk it holds. After completing the calculation using RCS, the amount of spare parts needed for circulation pump sub-system amount to 34 units for pumps motor, 10 units for pumps bearing, 141 units for pumps packing, and 26 units for pumps mechanical seal. There's also for other critical sub-system, which includes valve, driving reel, nozzle valve, and heat exchanger. The spare parts needed

for these critical sub-systems amount to 134 units for valve teflon, 469 units for valve packing, 45 units for driving reel bearing, 163 units for driving reel mechanical seal, 34 units for driving reel motor, 34 units for nozzle valve pressure setting, 29 units for heat exchanger site glass, and 70 units for heat exchanger packing. The comparison result between RCS and modified EOQ was that modified EOQ results are usable for sub-system that possess another identical sub-system within the system. With the implementation of the proposed spare part needs, PT XYZ are hoped to take it into consideration for determining the Jet-Dyeing machine spare part needs.

Keywords – RPN, Reliability Centered Spares, Modified EOQ, Jet-Dyeing Machine

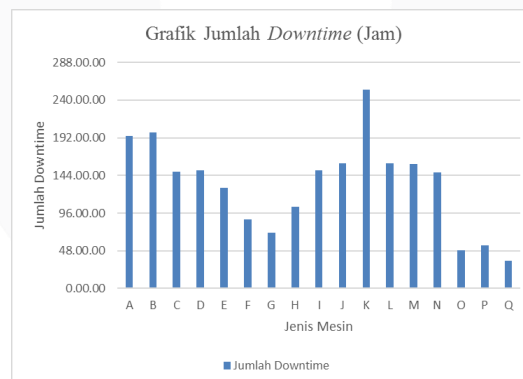
1. Pendahuluan

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan tekstil di Indonesia yang berdiri sejak 1976. PT XYZ dalam menjalankan proses produksinya mempunyai beberapa unit produksi seperti unit *texturizing*, unit pertenunan (*weaving*), unit pencelupan (*dyeing*), dan unit *finishing*. Proses *Dyeing* (pencelupan) merupakan proses mewarnai kain secara merata dengan cara pencelupan dan merupakan tahap penentuan kualitas dari kain yang diproduksi. Untuk menunjang aktivitas pencelupan kain (*dyeing*) terdapat 17 mesin jet dyeing yang beroperasi selama 24 jam dalam sehari. PT XYZ mendapat masalah pada proses *dyeing* karena seringnya mesin produksinya tidak mencapai target.



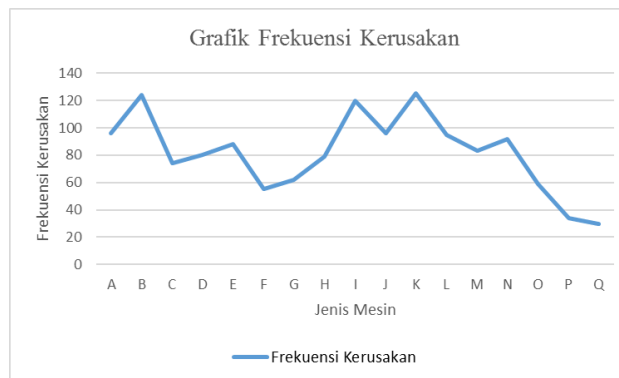
Gambar 1 Data Produksi PT XYZ Tahun 2016

Gambar 1 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antar jumlah produksi dengan target produksi selama tahun 2016. Dalam melakukan produksi, PT XYZ sering mendapatkan permasalahan pada mesin yang mengakibatkan terhentinya proses produksi. Permasalahan tersebut diakibatkan oleh performa mesin yang kurang baik dan mempunyai tingkat kerusakan yang cukup tinggi.



Gambar 2 Data Jumlah Downtime mesin Jet-Dyeing

Gambar 2 menunjukkan jumlah downtime dari mesin Jet-Dyeing pada PT XYZ. Tingginya kerusakan pada mesin Jet-Dyeing diakibatkan karena kegiatan perawatan *preventive* dan *corrective maintenance* yang dilakukan saat ini dinilai masih belum efektif dikarenakan perawatan yang dilakukan perusahaan tidak memperhitungkan usia dari mesin yang dapat dilihat dari *record failure* mesin Jet-Dyeing



Gambar 3 Grafik Frekuensi Kerusakan Mesin Jet-Dyeing

Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa mesin Jet-Dyeing K mempunyai frekuensi kerusakan yang paling tinggi jika dibandingkan dengan mesin Jet-Dyeing lainnya yakni sebesar 125 kali, sehingga dipilihlah mesin Jet-Dyeing K sebagai objek penelitian. Untuk mengantisipasi ketidaktersediaan *spare part* mesin ketika terjadi kerusakan pada mesin Jet-Dyeing perlu dilakukan perbaikan pada kegiatan pemesanan jumlah *spare part* yang dibutuhkan dengan mempertimbangkan resiko kegagalan mesin, jumlah komponen, periode, dan waktu operasi mesin Jet-Dyeing dengan menggunakan metode *Reliability Centered Spares* (RCS). Penggunaan metode RCS untuk menentukan jumlah *spare part* yang dibutuhkan dari masing – masing sub-sistem kritis sudah dilakukan terlebih dahulu oleh Fukuda [1]. Sedangkan untuk mengetahui jumlah *safety stock* dan *actual purchasing* digunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) yang telah dimodifikasi. Penelitian mengenai penentuan jumlah *safety stock* dan *actual purchasing* dengan menggunakan metode EOQ yang telah dimodifikasi sebelumnya telah dilakukan oleh Wongmongkolrit [2]. Namun karena tidak diketahui apakah metode *EOQ modification* memiliki keterkaitan dengan metode EOQ, maka dilakukan pula perbandingan antara kedua metode sehingga dapat diketahui apakah metode *EOQ modification* dapat diaplikasikan dengan metode RCS.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Manajemen Perawatan

Perawatan adalah aktivitas suatu komponen atau sistem yang rusak akan diperbaiki dalam kondisi tertentu dan pada periode tertentu [3]. Tujuan utama dari kegiatan perawatan bukan hanya untuk mengoptimalkan ketersediaan (*availability*) pada biaya yang minimum.

2.1.1.1 Preventive Maintenance

Preventive Maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan sebelum komponen atau sistem mengalami kerusakan dan bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan fungsi [4]. Tindakan pemeliharaan *preventive* yang tidak sempurna dilakukan pada saat usia peralatan mencapai batas yang dikendalikan [5]. Tujuan *preventive maintenance* adalah sebagai berikut:

1. Mencegah atau meminimasi terjadinya kegagalan (*prevent failure*).
2. Mendeteksi apabila terjadinya kegagalan (*detect onset of failure*).
3. Menemukan kegagalan yang tersembunyi (*discover a hidden failure*).
4. Meningkatkan *reliability* dan *availability* komponen atau sistem tersebut.

2.1.1.2 Corrective Maintenance

Corrective maintenance merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kegagalan pada suatu sistem untuk mengembalikan sistem kefungsi awal. Kegiatan ini bersifat tidak terjadwal, yang berarti tergantung pada kondisi sistem tersebut [4].

2.1.2 Reliability Centered Spares

Reliability Centered Spares (RCS) adalah suatu pendekatan untuk menentukan *level inventory spare part* berdasarkan *through-life costing* dan kebutuhan peralatan dan operasi perawatan dalam mendukung *inventory* [6]. Penggunaan dari metode ini dapat menentukan *part* atau komponen apa saja yang harus tersedia untuk menjamin fungsi dan kinerja peralatan tersebut sesuai dengan performansi standarnya.

2.1.2.1 Poisson Process

Poisson Process ditemui apabila sebuah komponen mengalami rasio kegagalan yang konstan λ dan perbaikan atau penggantian dilakukan langsung disaat kegagalan terjadi, dengan jumlah kegagalan yang diamati selama periode waktu t berdistribusi *Poisson*. Distribusi *Poisson* merupakan distribusi yang berbeda dengan distribusi kegagalan karena distribusi kegagalan bersifat kontinyu sedangkan distribusi *Poisson* bersifat diskrit [4]. *Poisson Process* merupakan salah satu

metode untuk menghitung kebutuhan *spare part* berdasarkan *reliability* [1]. Pada pengaplikasian *Poisson Process*, *spare part* dikategorikan kedalam dua bagian yaitu *repairable spare* dan *non-repairable spare*. *Repairable spare* merupakan komponen yang dapat diperbaiki, setiap kali komponen yang mengalami kegagalan atau komponen diambil dari pengoperasiannya kemudian diganti oleh cadangannya, dan komponen yang diambil tersebut dibawa ke bengkel untuk dilakukan perbaikan atau rekondisi [7]. Pada komponen *repairable*, tingkat persediaan suku cadang yang ada yaitu untuk mengimbangi komponen *repairable* selama proses perbaikan berlangsung [1], berikutnya merupakan persamaan untuk menghitung komponen *repairable*.

$$\lambda_{1t} = \frac{1}{MTTF} t = \frac{A \times N \times M \times T}{MTTF}$$

$$\lambda_{2t} = \frac{1}{MTBF} t = \frac{A \times N \times M \times RT}{MTBF}$$

Untuk komponen *non-repairable* yang merupakan suatu keadaan ketika perbaikan komponen sulit untuk dilakukan dan tidak memungkinkan atau ketika biaya perbaikan lebih besar daripada biaya pembelian komponen. Pada perhitungan jumlah kebutuhan komponen suku cadang *non-repairable*, jumlah kerusakan yang terjadi sama dengan jumlah kebutuhan suku cadangnya. Jumlah kebutuhan suku cadang merupakan nilai minimum dari (n) dengan perhitungan sebagai berikut [1].

$$\lambda t = \frac{1}{MTTF} t = \frac{A \times N \times M \times T}{MTTF}$$

Keterangan

- λt : *failure rate* (Jumlah kerusakan yang terjadi selama waktu t)
 λ_{1t} : *failure rate to scrap* (Jumlah kerusakan yang terjadi selama waktu t pada *repairable spare* terkategori *scrap*)
 λ_{2t} : *failure rate to repair* (Jumlah kerusakan yang terjadi selama waktu t pada *repairable spare*)
 A : jumlah komponen yang terpasang
 N : jumlah mesin
 M : waktu operasi mesin
 RT : rata – rata waktu perbaikan (MTTR)
 T : total waktu pengoperasian tiap item

2.1.3 EOQ Modification

Economic Order Quantity (EOQ) merupakan salah satu metode pengendalian *inventory* yang paling umum digunakan. Metode EOQ relatif mudah untuk digunakan, namun harus berdasarkan beberapa asumsi berikut :

1. *Demand* barang diketahui, konstan, dan independen.
2. *Lead time* yang merupakan waktu antara pemesanan dan penerimaan pesanan, diketahui dan konstan.
3. Penerimaan *inventory* terjadi langsung dan seketika. Dengan kata lain, *inventory* pesanan datang tiap satu *batch*.
4. *Quantity Discounts* tidak memungkinkan.
5. Variabel biaya yang digunakan hanyalah biaya pesan dan biaya simpan.
6. *Stockouts* dapat dihindari secara penuh apabila pemesanan dilakukan pada waktu yang tepat.

2.1.3.1 General EOQ model

Metode model EOQ merupakan teknik *lot-sizing* yang dikembangkan untuk *demand* yang kontinyu dan konstan karena model EOQ mengasumsikan *demand* dengan kepastian pada rasio yang konstan, sedangkan *demand* yang diskrit terjadi pada interval yang diskrit atau pada satu titik di satu periode, tidak kontinyu seiring dengan berjalannya waktu [2]. *demand* yang bersifat kontinyu dan tidak pernah diperuntukkan ataupun berdasarkan pada suatu *demand* yang bersifat diskrit. Namun, banyak bahan pembelajaran terdahulu mengenai kontrol material untuk kegiatan *maintenance* masih tetap mengaplikasikan model EOQ berdasarkan asumsi bahwa *demand* suku cadang berpola kontinyu seperti yang dijelaskan pada ([12-15] Wongmongkolrit, Sakon & Bordin Rassameethes, 2011. *The Modification of EOQ Model under the Spare Parts Discrete Demand : A Case Study of Slow Moving Items*. Halaman 6). Penentuan *demand* suku cadang yang berdasarkan tingkat kegagalan peralatan dapat diukur sebagai frekuensi terjadinya kegagalan per tahun dapat disebut sebagai tingkat kegagalan (λ) yang dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$D = \lambda = \frac{1}{M_{TBF}}$$

Apabila terdapat sejumlah m peralatan atau komponen yang dapat diganti secara bersamaan dan dalam waktu yang sama, yaitu seperti penggantian 2 baterai ataupun *double driving belt* yang diganti secara bersamaan. Sehingga, *demand* dari suku cadang tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$D = m \cdot \lambda$$

Apabila terdapat sejumlah k peralatan yang identik dan terpasang pada sistem maka *demand* dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$D = m \cdot k \cdot \lambda = \frac{m}{\theta}$$

Dengan demikian, Q^* dari model EOQ dapat dijabarkan ulang dalam hal tingkat kegagalan yaitu sebagai berikut.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2Smk\lambda}{CI}}$$

Keterangan

λ = tingkat kegagalan

m = jumlah peralatan atau komponen yang dapat diganti secara bersamaan

k = jumlah peralatan atau komponen yang identik pada sistem

2.1.3.2 Extension dari model EOQ

Apabila n didefinisikan sebagai jumlah pemesanan optimal, maka *extension* dari EOQ dapat dijabarkan sebagai berikut.

$TC = \text{Ordering Cost} + \text{Holding Cost}$

$$TC = S \frac{k}{n} + CI \cdot m \left(\sum_{i=1}^n i \right) \cdot \left(\frac{MTBF}{n} \right)$$

$$TC = S \frac{k}{n} + CI \cdot m \left[\left(\frac{n}{2} \right) \cdot (n + 1) \right] \cdot \left(\frac{MTBF}{n} \right)$$

$$TC = S \frac{k}{n} + CI \cdot m \cdot \left(\frac{n + 1}{2} \right) \cdot MTBF$$

DWT TC ke n : $\frac{dTC}{dn}$ dan tetapkan sebagai nol, maka :

$$\frac{dTC}{dn} = -\frac{Sk}{n^2} + CI \cdot m \cdot \left(\frac{MTBF}{2} \right) = 0$$

$$\text{Maka : } n = \sqrt{\frac{2Sk}{CI m MTBF}} = \sqrt{\frac{2S}{CI m \theta}}$$

Dan : $p = j^*m$

Dimana : $p = \text{actual purchasing quantity}$

$J = \text{pembulatan dari nilai } n \text{ atau actual purchasing lot size}$

Perhitungan diatas benar apabila *lead time* dari *spare part* sangat pendek atau diasumsikan sama dengan nol dan apabila dibandingkan dengan MTBF sistem atau ($L \ll \theta$) dan *purchasing lots* atau n harus lebih dari 1 ($n > 1$).

2.1.3.3 Modifikasi untuk Extension dari model EOQ

Penentuan *safety stock* dilakukan berdasarkan variasi kegagalan dan harus berpola diskrit sehingga dapat diaplikasikan distribusi *Poisson*. Maka, variasi kegagalan peralatan ketika *lead time* dan untuk periode yang ditentukan adalah sebagai berikut.

$$Px(t = L) = \frac{(\lambda s \cdot L)^x}{x!} e^{-\lambda s \cdot L} ; \text{ ketika lead time}$$

$$P \leq \sum_{x=0}^n \frac{(\lambda t)^x e^{-\lambda t}}{x!} = e^{-\lambda t} \left[1 + \lambda t + \dots + \frac{(\lambda t)^{n-1}}{(n-1)!} \right] ; \text{ untuk periode yang ditentukan}$$

Pada studi ini, *Safety stock* selalu berdasarkan tingkat kegagalan pada *lead time* ataupun pada periode yang ditentukan yang setara dengan penggunaan *spare part* pada *lead time* ataupun pada periode yang ditentukan, ditambah dengan variasinya yang setara dengan :

$$SS = m \cdot (1 + Px(t = L))$$

Dimana : SS = *safety stock*

Px = *probability of occurrences*

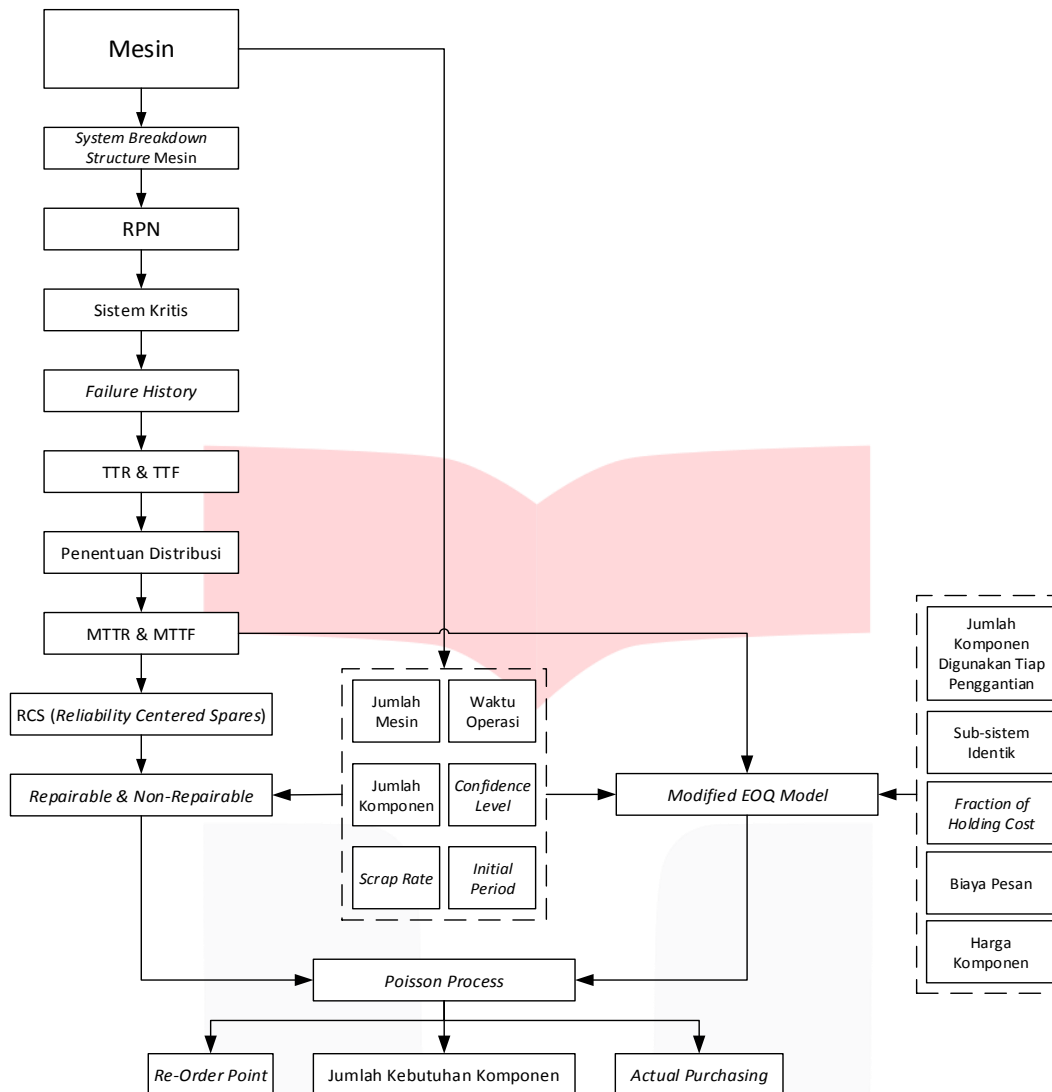
$\lambda s / \lambda t$ = *system failure rate*

x / n = *number of occurrences*

L = *equipment delivery lead time*

Pada studi ini, *ROP (Re-Order Point)* sama dengan *safety stock*, karena konsep ini diambil berdasarkan peminjaman *spare part* dari *safety stock* dan setelah penambahan atau *replenishment* dari *spare part*, maka *spare part* tersebut akan ditempatkan kembali ke *safety stock*.

2.2 Model Konseptual



Gambar 4 Model Konseptual

Berdasarkan model konseptual pada gambar 4 yang menjadi objek utama adalah mesin Jet-Dyeing yang kemudian ditentukan sub-sistem kritisnya menggunakan analisis jumlah kerusakan yang terjadi dengan menggunakan metode *Risk Priority Number* (RPN). Pengukuran kuantitatif menggunakan data *Time To Repair*, *Down Time* dan *Time To Failure* dari mesin Jet-Dyeing untuk mengetahui distribusi data, parameternya, serta MTTR dan MTTF/MTBF dari setiap sub-sistem yang kemudian digunakan untuk perhitungan kebutuhan jumlah *spare part* menggunakan metode RCS. Untuk metode *EOQ Modification* juga menggunakan hasil dari pengukuran kuantitatif yang telah dilakukan untuk menentukan *safety stock*, dan *actual purchasing* dari *spare part*.

3. Pembahasan

Pada tahap pengolahan data terlebih dahulu dilakukan pengumpulan data. Data-data yang dibutuhkan adalah struktur sistem dari mesin, MTTF, MTTR, data harga komponen dari mesin, waktu operasi mesin, dan *scrap rate*. Selanjutnya dilakukan pemilihan sub-sistem kritis pada mesin jet-dyeing menggunakan metode *Risk Priority Number* (RPN).

3.1 Uji Distribusi dan Penentuan Parameter Distribusi TTF dan TTR

Sebelum menentukan parameter distribusi, data TTF dan TTR di uji Anderson Darling dengan menggunakan *software* Minitab 17 untuk memperoleh distribusi masing-masing komponen. Setelah itu dilakukan penentuan parameter dari distribusi yang terpilih dengan menggunakan *software* AvSim+9.0.

3.2 Penentuan Sub-Sistem Kritis Menggunakan Analisis RPN

Berdasarkan perhitungan kuantitatif dari parameter – parameter RPN dan berdasarkan data kerusakan mesin tersebut dapat didapatkan urutan *ranking* sub-sistem yang memiliki tingkat kepentingan berdasarkan tingkat *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang terjadi pada mesin Jet-Dyeing. Berikut merupakan hasil perhitungan RPN yang merupakan *ranking* sub-sistem mesin Jet-Dyeing.

Tabel 1 Ranking Sub-Sistem Mesin Jet-Dyeing

No.	Item Name	RPN	Persentase	Kumulatif
1	Pompa Sirkulasi	252	20.47%	20.47%
2	Valve	216	17.55%	38.02%
3	Driving Reel	210	17.06%	55.08%
4	Nozzle Valve	200	16.25%	71.32%
5	Heat Exchanger	180	14.62%	85.95%
6	NFB	48	3.90%	89.85%
7	Contractor	32	2.60%	92.45%
8	Relay rusak	30	2.44%	94.88%
9	Temperature Control	24	1.95%	96.83%
10	Sensor Level Air	21	1.71%	98.54%
11	Sensor Suhu	18	1.46%	100.00%

3.3 Perhitungan MTTF dan MTTR

Perhitungan MTTF dan MTTR disesuaikan dengan distribusi yang telah terpilih sebelumnya. Apabila distribusi yang terpilih adalah normal maka μ merupakan MTTF dari komponen tersebut. Namun jika distribusi yang terpilih adalah distribusi Weibull maka perhitungan MTTF harus menggunakan rumus yang tertera di bawah.

$$MTTF = \alpha \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

(1)

Tabel 2 MTTF Komponen

Komponen	Distribusi	Parameter		(1/β+1)	Tabel Gamma	MTTF (Jam)
		η	β			
Packing Valve	Weibull	η	1119.42	2.666453	1.50432398	1683.97034
		β	0.600077			
Teflon	Weibull	η	3481.21	1.690174	0.90681347	1683.97034
		β	1.44891			
Bearing Pompa	Normal	μ	14910.1	-	-	14910.1
		σ	16938.5			
Mechanical Seal Pompa	Weibull	η	5552.58	0.887034	0.88703358	4925.32493
		β	2.47287			
Motor Pompa	Weibull	η	4733.39	2.663453	1.50080426	7103.89187
		β	0.601159			
Packing Pompa	Weibull	η	1601.65	1.804751	0.93265353	1493.78453
		β	1.24262			
Motor Driving Reel	Weibull	η	4680.71	2.727501	1.57917254	7391.64869
		β	0.578871			
Bearing Driving Reel	Weibull	η	5890.97	1.562069	0.88980868	5241.83624
		β	1.77914			
Mechanical Seal Driving Reel	Weibull	η	889.321	2.701305	1.54629374	1375.15149
		β	0.587784			
Packing Heat Exchanger	Weibull	η	7090.8	1.670889	0.90344491	6406.14714
		β	1.49056			
Site Glass	Weibull	η	5007.65	1.496529	0.88611969	4437.37726
		β	2.01398			
Pressure	Weibull	η	7842.21	1.693963	0.90750852	7116.87242
		β	1.441			

Tabel 3 MTTR Komponen

Komponen	Distribusi	Parameter		(1/β+1)	Tabel Gamma	MTTR (Jam)
		η	β			
Packing Valve	Weibull	η	1.40381	2.046436	1.020529	1.432628513
		β	0.95563			
Teflon	Weibull	η	0.91289	2.123463	1.058647	0.966424845
		β	0.95563			
Bearing Pompa	Normal	μ	12.9583	-	-	12.9583
		σ	8.17248			
Mechanical Seal Pompa	Weibull	η	2.17173	1.555256	0.889264	1.931240371
		β	1.80097			
Motor Pompa	Weibull	η	10.2084	2.268044	1.144873	11.68731709
		β	0.78862			

Tabel 3 MTTR Komponen (Lanjutan)

Packing Pompa	Eksponensial	μ	1.21296	-	-	1.21296
		ϵ	0.05033			
Motor Driving Reel	Normal	μ	1.55	-	-	1.55
		σ	1.06677			
Bearing Driving Reel	Normal	μ	2.375	-	-	2.375
		σ	1.90439			
Mechanical Seal Driving Reel	Eksponensial	μ	1.92572	-	-	1.92572
		ϵ	0.06906			
Packing Heat Exchanger	Weibull	η	3.35669	1.819914	0.936821	0.99999
		β	1.21964			
Site Glass	Weibull	η	0.56423	1.576575	0.891092	0.502777381
		β	1.73438			
Pressure	Normal	μ	1.05	-	-	1.05
		σ	0.82408			

3.4 Penentuan Scrap Rate

Pada perhitungan kebutuhan suku cadang *repairable*, ditentukan kebutuhan suku cadang berdasarkan tingkat *scrap rate* yang didapat dari hasil perbandingan antara jumlah suku cadang *repairable* yang tergolong tidak dapat diperbaiki atau sudah rongsok dan harus diganti dengan total suku cadang *repairable*, pada periode 2010 sampai November 2016 dari 17 mesin Jet Dyeing pada PT. XYZ. Untuk data tingkat *scrap rate* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4 Tingkat Scrap Rate Komponen Repairable

Komponen	To Repair	To Scrap	Scrap Rate
Motor Pompa Sirkulasi	9	5	36%
Motor Driving Reel	2	1	33%
Pressure Setting	22	6	21%

3.5 Hasil Perhitungan Reliability Centered Maintenance (RCS)

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan komponen pada mesin Jet-Dyeing yang telah dilakukan, berikut tabel yang menampilkan hasil perhitungann kebutuhan komponen kritis pada mesin Jet-Dyeing.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Kebutuhan Komponen Mesin Jet-Dyeing

No.	Sub-sistem	Komponen	Jumlah Komponen	Kebutuhan Komponen
1.	Pompa Sirkulasi	Motor Pompa	1	10
2.		Bearing Pompa	1	10
3.		Packing Pompa	2	141
4.		Mechanical Seal Pompa	1	26
5.	Valve	Teflon Valve	4	134
6.		Packing Valve	8	469
7.	Driving Reel	Bearing Driving Reel	2	45
8.		Mechanical Seal Driving Reel	2	163
9.		Motor Driving Reel	1	9
10.	Nozzle Valve	Pressure Setting	1	7
11.	Heat Exchanger	Site Glass	1	29
12.		Packing Heat Exchanger	4	70

3.6 Hasil Perhitungan Economic Order Quantity Modification

Berdasarkan hasil perhitungan *safety stock* komponen mesin Jet-Dyeing yang telah dilakukan. Berikut merupakan tabel yang menampilkan hasil perhitungan *safety stock* dari *spare part* mesin Jet-Dyeing.

Tabel 6 Hasil Perhitungan Safety Stock Komponen Mesin Jet-Dyeing

Komponen	Number of Occurrences	Safety Stock
Motor Pompa Sirkulasi	10	11
Bearing Pompa Sirkulasi	10	11
Packing Pompa Sirkulasi	74	150
Mechanical Seal Pompa Sirkulasi	26	27
Teflon Valve	38	78
Packing Valve	67	272
Bearing Driving Reel	25	52
Mechanical Seal Driving Reel	85	172
Motor Driving Reel	9	10

Tabel 6 Hasil Perhitungan *Safety Stock* Komponen Mesin Jet-Dyeing (Lanjutan)

<i>Pressure Setting</i>	7	8
<i>Site Glass</i>	29	30
<i>Packing Heat Exchanger</i>	21	88

Berdasarkan hasil perhitungan *actual purchasing* komponen mesin Jet-Dyeing yang telah dilakukan. Berikut merupakan tabel yang menampilkan hasil perhitungan *actual purchasing* dari *spare part* mesin Jet-Dyeing.

Tabel 7 Hasil Perhitungan *Actual Purchasing* Komponen Mesin Jet-Dyeing

Komponen	<i>Optimal Lot Size (n)</i>	<i>Actual Lot Size (j)</i>	<i>Actual purchasing (p)</i>
Motor Pompa Sirkulasi	0.357280521	1	1
<i>Bearing Pompa Sirkulasi</i>	8.106314964	9	9
<i>Packing Pompa Sirkulasi</i>	404.478151	405	810
<i>Mechanical Seal Pompa Sirkulasi</i>	6.13727277	7	7
Teflon Valve	95.75582399	96	192
<i>Packing Valve</i>	359.2610842	360	1440
<i>Bearing Driving Reel</i>	57.671249	58	116
<i>Mechanical Seal Driving Reel</i>	15.72424987	16	32
<i>Motor Driving Reel</i>	5.111504623	6	6
<i>Pressure Setting</i>	8.497125687	9	9
<i>Site Glass</i>	19.46946606	20	20
<i>Packing Heat Exchanger</i>	4.719838414	5	20

3.7 Hasil Perbandingan *Modified Economic Order Quantity* dan RCS

Tabel 8 Hasil Perbandingan *Safety Stock* Dengan Kebutuhan Komponen Mesin Jet-Dyeing

Komponen	Kebutuhan Komponen	<i>Safety Stock</i>
Motor Pompa Sirkulasi	34	35
<i>Bearing Pompa Sirkulasi</i>	10	11
<i>Packing Pompa Sirkulasi</i>	141	150
<i>Mechanical Seal Pompa Sirkulasi</i>	26	27
Teflon Valve	134	78
<i>Packing Valve</i>	469	272
<i>Bearing Driving Reel</i>	45	52
<i>Mechanical Seal Driving Reel</i>	163	172
<i>Motor Driving Reel</i>	34	35
<i>Pressure Setting</i>	34	35
<i>Site Glass</i>	29	30
<i>Packing Heat Exchanger</i>	70	88

Dari tabel di atas, diketahui nilai *safety stock* optimal apabila *spare part* sub-sistem kritis memiliki sub-sistem identik.

Tabel 8 Hasil Perbandingan *Safety Stock* Dengan Kebutuhan Komponen Mesin Jet-Dyeing

Komponen	Kebutuhan Komponen	<i>Actual Purchasing</i>
Motor Pompa Sirkulasi	34	1
<i>Bearing Pompa Sirkulasi</i>	10	9
<i>Packing Pompa Sirkulasi</i>	141	810
<i>Mechanical Seal Pompa Sirkulasi</i>	26	7

Tabel 8 Hasil Perbandingan *Safety Stock* Dengan Kebutuhan Komponen Mesin Jet-Dyeing (Lanjutan)

Teflon Valve	134	192
Packing Valve	469	1440
Bearing Driving Reel	45	116
Mechanical Seal Driving Reel	163	32
Motor Driving Reel	34	6
Pressure Setting	34	9
Site Glass	29	20
Packing Heat Exchanger	70	20

Dari tabel di atas, diketahui nilai *actual purchasing* tidak optimal karena keterbatasan data untuk kebutuhan perhitungan

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode RCS untuk menentukan kebutuhan komponen dalam 1 tahun kedepan jumlah komponen yang harus disediakan untuk 1 tahun kedepan pada masing – masing komponen sub-sistem kritis mesin *Jet-Dyeing* adalah minimal sejumlah perhitungan yang telah dilakukan. Sedangkan untuk hasil perhitungan pada metode *modified* EOQ, didapatkan dengan menggunakan *formula* yang sama seperti penentuan jumlah kebutuhan komponen, yaitu *poisson process* atau *poisson distribution*. Perbedaan dari *formula* perhitungan jumlah *inventory* dengan jumlah komponen adalah pada jumlah *inventory* terdapat variabel m yaitu jumlah komponen yang digunakan tiap pergantian. Dengan adanya variabel m , maka jumlah komponen yang akan digunakan pada perhitungan λt (A) adalah sebesar 1. Hal ini karena penentuan jumlah komponen yang akan digunakan dilakukan pada perhitungan *safety stock*, yang merupakan perhitungan lanjutan setelah menghitung λt dan $P(x)$. Perbandingan *modified Economic Order Quantity* dan RCS diketahui nilai *safety stock* optimal apabila *spare part* sub-sistem kritis memiliki sub-sistem identik dan nilai *actual purchasing* tidak optimal karena keterbatasan data untuk kebutuhan perhitungan.

Daftar Pustaka

- [1] J. Fukuda, "Spare Parts Stock Level Calculation," pp. 1–8, 2008.
- [2] S. Wongmongkolrit and B. Rassameethes, "The Modification of EOQ Model under the Spare Parts Discrete Demand : A Case Study of Slow Moving Items," vol. II, 2011.
- [3] N. Dhamayanti, D. S., Alhilman, J., & Athari, "Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin KOMORI LS440 dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM II) dan Risk Based Maintenance (RBM) di PT ABC," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. April, pp. 31–37, 2016.
- [4] Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: THE McGraw-Hill Companies Inc.
- [5] Marquez, A., P. Moreu de León, J. F. Gómez Fernández, C. Parra Márquez, and M. López Campos. 2009. "The Maintenance Management Framework." *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 15(2):167–78. Retrieved.
- [6] Meilani, Kamil, dan Satria. (2008). *Analisis Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Reliability Centered Spares (RCS) pada Unit Pawmill Pabrik Indarung IV PT. Semen Padang*. Universitas Andalas, Teknik Industri.
- [7] Louit, D., & Pascal, R. (2006) *Optimization Models For Critical Spare Parts Inventories – A Reliability Approach*. Pontificia Universidad Catolica de Chile, Centro de Minería, Chile.