

Perbaikan Sistem Keandalan Mesin Kapal dan Pengelolaan Persediaan *Spare Part* di PT. X

Cristhoforus Maximilliano Daely¹, Jani Rahardjo²

Abstract: PT. X is a shipping company, especially in gas and oil sector. One of the jobs needed by the company is about provision of vessel and fulfillment of user requests by sending the required spare part components. The purpose of this research was about to find the average time from breakdown spare part components by using the method Mean Time To Fail (MTTF) as an idea in determining the interval schedule for replacement of spare part components. Besides that, the other method used in inventory control policies (Economic Order Quantity) in determining the optimal order size, safety stock of inventory, and reorder point. The results of this research showed that engine of CB RURIK 01 vessel had the highest frequency of downtime and replacement of spare parts interval proposed based on MTTF calculation, were Injector 65.10101-7097 (21 days), Piston 65.02501-0707 (24 days), Valve Ex 65.04101-0068 (13 days), dan Valve In 65.04101-0067 (13 days). Besides that, the result of the calculation of optimal Q for the component of Injectors 65.10101-7097 was 14 unit, Piston 65.02501-0707 was 14 unit, Valve Ex 65.04101-0068 was 54 unit, and Valve In 65.04101-0067 was 55 unit.

Keywords: Mean Time To Fail (MTTF), Economic Order Quantity, Safety Stock, Reorder Point

Pendahuluan

Kegiatan perawatan (*maintenance*) dan pengelolaan persediaan (*inventory management*) dalam sebuah perusahaan, merupakan salah satu bentuk kegiatan yang penting. Perawatan terhadap berbagai peralatan dan mesin diperlukan demi menjaga kelancaran proses operasional perusahaan untuk menghindari frekuensi terjadinya *downtime* yang lama. Sedangkan persediaan yang dimiliki merupakan salah satu bentuk aset yang dimiliki dan dikelola oleh perusahaan terkait. Persediaan tersebut harus dikelola dengan baik agar tujuan efektifitas serta efisiensi perusahaan dapat tercapai. Dalam pengelolaan persediaan, perusahaan juga dihadapkan oleh beberapa faktor, antara lain waktu pengadaan barang, ketidakpastian (*uncertainty*), dan daya beli ekonomi (*economic of scale*), serta populasi *unit*.

PT. X merupakan salah satu perusahaan jasa yang bergerak dalam bidang industri pelayaran di Indonesia. Perusahaan ini memiliki kantor utama di terletak di Jalan WR Supratman 23 Surabaya, serta kantor cabang yang terletak di Kota Samarinda dan Babo (Papua Barat).

Perusahaan memiliki berbagai *unit* kapal yang beroperasi di Kota Samarinda dan Babo. Dalam menjalankan kegiatan operasional perusahaan, mesin suatu kapal dituntut agar dapat berjalan dengan baik. Sistem perawatan yang dilakukan perusahaan sejauh ini adalah *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Ketika terjadi kerusakan, pihak teknisi hanya mengganti komponen *spare part* yang rusak tanpa memperhatikan tingkat keandalannya (*reliability*). Selain itu, perusahaan memiliki gudang *spare part* yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan stok dari *spare part* kapal.

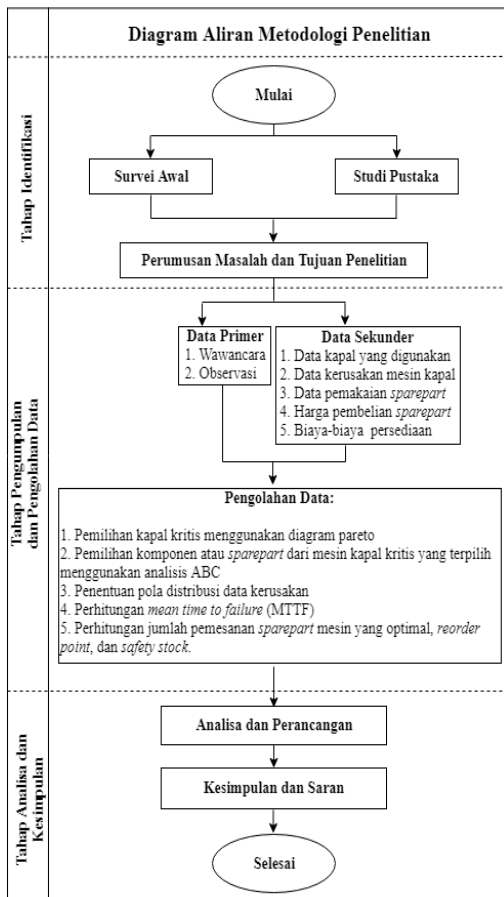
Kegiatan perawatan mesin-mesin kapal ini sangat dipengaruhi oleh tingkat ketersediaan dan kecukupan komponen *spare part*. Untuk memenuhi kebutuhan *user*, perusahaan belum menemukan metode yang tepat dalam melakukan perhitungan minimum stok terhadap komponen *spare part*. Selama ini perusahaan hanya menggunakan data pemakaian *spare part* dari periode sebelumnya untuk melakukan pengadaan dari *spare part* bagi kondisi yang akan datang di periode berikutnya. Kemampuan perusahaan dalam manajemen stok gudang dinilai belum menunjukkan adanya perencanaan yang efektif terhadap stok dalam gudang. Hal ini dipicu salah satunya karena timbulnya persediaan yang tidak terkelola dengan baik akibat pembelian yang terlalu banyak.

^{1,2}Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: cmaximilliano96@gmail.com, jani@petra.ac.id

Keputusan yang diambil oleh perusahaan dalam menganalisis perkiraan pembelian memiliki banyak kelemahan, salah satunya sering terjadinya kesalahan, sehingga menyebabkan kuantitas *spare part* terkadang terlalu berlebihan atau bahkan kekurangan. Ketika stok dari komponen *spare part* di gudang diperbanyak, namun dengan jumlah permintaan sedikit, cenderung menimbulkan pemborosan finansial. Sebaliknya apabila stok dari gudang dikurangi, dengan jumlah permintaan yang cukup tinggi, cenderung menimbulkan kehilangan *profit* akibat *downtime* yang dialami semakin lama. Oleh karena itu, pihak PT. X perlu mengadakan perbaikan strategi dengan memilih dan menerapkan kebijakan pengelolaan persediaan yang tepat untuk menunjang kegiatan perawatan mesin kapal di waktu mendatang.

Metode Penelitian

Pada bab ini akan diulas metodologi penelitian yang akan digunakan untuk membantu menyelesaikan permasalahan yang diulas pada makalah ini. Alur penelitian yang digunakan secara garis besar akan dipaparkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

Klasifikasi ABC

Metode pengklasifikasian ABC didasarkan atas konsep Pareto yang terkenal, dimana konsep ini menggunakan konsep 80/20, yang artinya membantu memecahkan 20% permasalahan yang ada serta memiliki efek atau dampak kepada 80% permasalahan secara keseluruhan. Dalam hal ini pengklasifikasian ABC digunakan sebagai penentuan terhadap komponen *spare part* kritis dari mesin kapal CB RURIK 01. Pengklasifikasian ini terbagi menjadi tiga kelas, dengan bobot masing-masing kelas yaitu 80% kelas A, 15% kelas B, dan 5% Kelas C.

Distribusi Konsep Keandalan

Kegiatan perawatan dan pemeliharaan tidak dapat lepas dari tingkat keandalan komponen. Selain dijadikan tolak ukur keberhasilan sistem perawatan dan pemeliharaan, keandalan juga dapat digunakan untuk melakukan penjadwalan pemeliharaan (Corder dan Kusnul [1]). Dalam konsep perawatan (keandalan) dikenal juga berbagai macam distribusi serta parameter di dalamnya. Pola distribusi yang didapatkan digunakan untuk mendapatkan gambaran laju kerusakan mesin atau peralatan yang dialami. Berikut merupakan macam-macam pola distribusi yang sering digunakan dalam konsep keandalan (*reliability*), antara lain sebagai berikut:

- Distribusi Weibull**
Distribusi ini umum digunakan dalam menggambarkan karakteristik kerusakan dan keandalan pada suatu komponen. Distribusi Weibull merupakan distribusi empirik sederhana yang mewakili data yang aktual. Distribusi weibull memiliki parameter slope β (kemiringan) dan parameter α (skala). Parameter slope β merupakan parameter yang menentukan laju kerusakan pada kurva.
- Distribusi Normal**
Distribusi ini merupakan jenis distribusi yang paling sangat sering dijumpai. Distribusi ini memiliki peran yang penting dalam teori maupun pengaplikasian statistik. Konsep keandalan dalam distribusi normal juga memiliki parameter, yaitu parameter μ (rata-rata) dan parameter σ (standar deviasi).
- Distribusi Lognormal**
Distribusi ini merupakan jenis distribusi yang berguna dalam menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Parameter dalam distribusi ini adalah parameter μ dan σ (standar deviasi).

4. Distribusi Eksponensial

Distribusi ini juga sering dipakai karena pola data kerusakan dapat tercermin dari distribusi ini. Parameter dalam distribusi ini digambarkan melalui λ (laju kegagalan konstan).

Mean Time To Fail (MTTF)

Mean Time To Fail (MTTF) merupakan nilai rata-rata waktu kegagalan yang akan datang dari sebuah sistem (komponen spare part). Untuk sistem yang dapat direparasi atau dilakukan perbaikan, maka nilai MTTF adalah masa kerja suatu komponen saat pertama kali digunakan atau dihidupkan sampai unit tersebut akan rusak kembali atau perlu dilakukan pemeriksaan kembali (Mobley [2]). Perhitungan dari nilai MTTF dilakukan dengan menggunakan parameter untuk masing-masing komponen spare part. Berikut merupakan perhitungan MTTF untuk masing-masing jenis distribusi dalam konsep keandalan (reliability), antara lain dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Perhitungan MTTF Dalam Konsep Keandalan

Distribusi	Parameter	Perhitungan MTTF
Weibull	β (slope) dan α	$\beta r (1 + \frac{1}{\alpha})$; dimana $r(x)$ diperoleh dari tabel fungsi Gamma
Normal	μ (rata-rata) & σ (stdeviasi)	μ
Lognormal	μ (rata-rata) & σ (stdeviasi)	$\exp (\mu + \frac{\sigma^2}{2})$
Eksponensial	λ (laju kegagalan konstan)	$\int_0^{\infty} R(t)dt$ $= \frac{1}{\lambda}$

Economic Order Quantity (EOQ)

Salah satu model untuk mengontrol model persediaan adalah dengan Economic Order Quantity (EOQ). (Heizer dan Render ([3]) menerangkan bahwa model economic order quantity merupakan sebuah teknik kontrol persediaan yang meminimalkan biaya total dari pemesanan dan penyimpanan. Tujuan dari model economic order quantity adalah meminimumkan kombinasi biaya-biaya pemesanan dan penyimpanan dari inventory. Penggunaan metode ini juga dapat menekan biaya-biaya persediaan sehingga efisiensi persediaan berjalan dengan baik dan dapat tercapai jumlah unit pemesanan yang optimal dengan menekan biaya seminimal mungkin (Nepal dan Park [4]).

Model ini menggunakan beberapa asumsi yang ada dikarenakan metode ini disebut juga sebagai metode ukuran lot atau size yang digunakan untuk pengelolaan independent demand inventory. Asumsi economic order quantity sesuai dengan paparan (Sumayang [5]) adalah sebagai berikut:

- a) Kecepatan permintaan tetap dan konstan
- b) Lead time sifatnya konstan
- c) Stock out diabaikan
- d) Tidak ada perubahan harga barang
- e) Item produk satu macam dan tidak ada hubungannya dengan produk lain

Sedangkan perhitungan dalam menentukan jumlah pemesanan optimum adalah sebagai berikut:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DA}{HP}} \tag{1}$$

dimana:

- Q^* = ukuran order yang optimal
- D = kebutuhan spare part (unit/periode)
- A = biaya pemesanan (Rp/order)
- H = biaya penyimpanan (Rp/unit/periode)
- P = harga barang/unit

Selanjutnya dalam penentuan titik waktu pemesanan kembali (reorder point) dan besarnya stok pengaman (safety stock) adalah sebagai berikut:

$$Safety\ Stock\ (SS) = Z\alpha \times \sigma \tag{2}$$

$$Reorder\ Point\ (ROP) = SS + dLT \tag{3}$$

dimana:

- $Z\alpha$ = tabel distribusi Normal
- d_{LT} = demand/periode x Lead Time
- σ = standar deviasi demand/periode

Biaya-Biaya Persediaan

Biaya-biaya dalam pengendalian persediaan berperan penting bagi suatu perusahaan, begitu pula dengan PT. X. Penggunaan metode-metode pengendalian persediaan, salah satunya metode EOQ juga dapat menekan seminimal mungkin biaya persediaan sehingga efisiensi persediaan berjalan dengan baik dan dapat tercapai jumlah *unit* pemesanan yang optimal. Biaya-biaya persediaan yang terdapat di PT. X antara lain sebagai berikut:

a) Biaya Pemesanan (*Ordering Cost*)

Biaya ini timbul berkenaan dengan adanya pemesanan barang dari perusahaan kepada pemasok (*supplier*). Berikut rincian biaya pemesanan oleh PT. X yang dapat dilihat pada Tabel 2, antara lain sebagai berikut:

Tabel 2. Rincian Biaya Pemesanan Wilayah Surabaya

SURABAYA		
Jenis Biaya	Biaya Pemesanan (Rp)	
	Injector dan Piston	Valve Ex dan Valve In
Administrasi Pemesanan	25.000	25.000
Biaya Transportasi/Ekspedisi	200.000	250.000
Total Biaya	225.000	275.000

Tabel 3. Rincian Biaya Pemesanan Wilayah Samarinda

SAMARINDA		
Jenis Biaya	Biaya Pemesanan (Rp)	
	Injector dan Piston	Valve Ex dan Valve In
Administrasi Pemesanan	75.000	55.000
Biaya Transportasi/Ekspedisi	465.000	380.000
Total Biaya	540.000	435.000

Tabel 4. Rincian Biaya Pemesanan Wilayah Babo

BABO		
Jenis Biaya	Biaya Pemesanan (Rp)	
	Injector dan Piston	Valve Ex dan Valve In
Administrasi Pemesanan	55.000	40.000
Biaya Transportasi/Ekspedisi	350.000	300.000
Total Biaya	405.000	340.000

Dari masing-masing Tabel (Tabel 2,3, dan 4) di atas, terlihat perbedaan harga terkait biaya transportasi atau ekspedisi pengiriman, karena untuk wilayah Samarinda dan Babo, akses menuju lokasi pengiriman harus melewati jalur laut, sehingga pengiriman dilakukan melalui udara dan laut.

Selain itu, hal lain yang berkaitan dengan pemesanan atau pengadaan barang adalah mengenai *Lead Time*, yang artinya waktu dimulai dari pemesanan dilakukan ke *supplier*

hingga barang tersebut diterima di suatu tempat. Berikut merupakan waktu *Lead Time* yang terdapat di PT. X terkait pengadaan barang, yang dapat dilihat pada Tabel 5, antara lain sebagai berikut:

Tabel 5. *Lead Time* Pemesanan

Komponen <i>Spare Part</i>	<i>Lead Time</i> (Minggu)		
	Surabaya	Samarinda	Babo
Injector 65.10101-7097	1	2	2.5
Piston 65.02501-0707	1	2	2.5
Valve Ex 65.04101-0068	1	2	2.5
Valve Ex 65.04101-0067	1	2	2.5

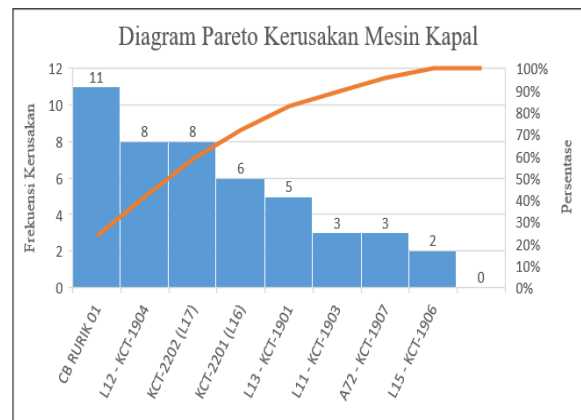
b) Biaya Penyimpanan (*Holding Cost*)

Biaya ini timbul sebagai konsekuensi pengadaan sejumlah barang tertentu persediaan perusahaan. Biaya penyimpanan yang terdapat di gudang penyimpanan milik PT. X di berbagai wilayah tidak memiliki perbedaan jenis biaya maupun rincian biaya di dalamnya. Berikut rincian biaya penyimpanan di PT. X, antara lain sebagai berikut:

1. Biaya atas modal tertanam = 10%
 2. Biaya pemeliharaan = 5%
- Total biaya penyimpanan = 15%
15% dari harga per/*unit*

Hasil dan Pembahasan

Proses dan data yang diambil dan diolah dimulai selama tahun 2018, tepatnya bulan Januari hingga Desember. Selama jangka waktu 1 tahun tersebut, ditemukan bahwa salah satu kapal milik perusahaan bernama CB RURIK 01 menjadi fokus utama dari penelitian ini karena memiliki frekuensi kerusakan paling tinggi, yaitu sebanyak 11 kali mengalami kerusakan (*downtime*) atau kegagalan dibandingkan kapal lainnya. Berikut disajikan diagram Pareto hasil olahan data *Microsoft Excel* terkait kegagalan (*downtime*) yang dialami kapal-kapal milik perusahaan, yang dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pareto Kerusakan Kapal

Klasifikasi Spare Part Kapal CB RURIK 01

Terdapat begitu banyak sekali komponen spare part, khususnya dalam sektor mesin CB RURIK 01 ini. Pengklasifikasian spare part digunakan untuk menunjukkan bahwa spare part yang terpilih nantinya merupakan spare part yang paling memiliki pengaruh sangat tinggi terhadap keseluruhan kerusakan yang dialami oleh kapal ini. Pengklasifikasian spare part ini didasarkan atas konsep Pareto dan dibagi menjadi kelas A,B, dan C sesuai dengan ketentuan yang telah dijelaskan diatas. Pengklasifikasian ABC sangat membantu dalam pengelompokan spare part yang didasarkan pada biaya untuk melakukan pembelian dan pengadaan. Pengklasifikasian spare part yang terpilih ke dalam kelas A dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Klasifikasi Spare Part Metode ABC

Material Description	Persentase (%)	Persentase	Persentase	Kelas
		Nilai Barang (%)	Jumlah Barang (%)	
Injector 65.10101-7097	37.5410573	76.4	9.09	A
Piston 65.02501-0707	28.1867879			
Valve Ex 65.04101-0068	5.40001062			
Valve In 65.04101-0067	5.27702536			

Hasil ini menunjukkan bahwa dari sektor mesin kapal milik CB RURIK 01, didapatkan ada empat buah jenis spare part yang memiliki pengaruh sangat besar terhadap tingkat kegagalan (downtime) yang dialami. Tabel 6 diatas juga menunjukkan bahwa keempat jenis spare part yang terpilih ke dalam kelas A ini memiliki persentase nilai barang yang tinggi, artinya bahwa keempat spare part ini memiliki kecenderungan atau keterkaitan yang tinggi terhadap keseluruhan spare part yang mengalami kerusakan di sisi lainnya. Namun di sisi lain, persentase jumlah barang dari keempat jenis spare part ini justru sedikit dibandingkan keseluruhan spare part dari sektor mesin kapal milik CB RURIK 01.

Penentuan Distribusi Data Kerusakan

Sebelum melakukan penentuan pola distribusi data kerusakan maka data yang diperlukan adalah data selang waktu antar kerusakan yang dialami tiap komponen spare part kelas A. Selang waktu antar kerusakan merupakan selang waktu dimana mesin atau spare part berjalan normal (dalam kondisi baik) atau setelah diperbaiki sampai dengan mesin atau spare part mengalami kerusakan kembali. Adapun data selang waktu antar kerusakan (hari) untuk masing-masing

komponen spare part yang tergolong dalam kategori kelas A dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Interval Waktu Kerusakan Spare Part

Injector 65.10101-7097	Piston 65.02501-0707	Valve Ex 65.04101-0068	Valve In 65.04101-0067
21	24	12	11
17	42	12	15
23	26	19	10
18	21	9	17
32	37	13	14
22	24	16	20
22	25	17	15
28	34	10	10
21	16	14	21
16	25	11	13
18	19	15	13
25	22	10	16
36	12	17	14
17		14	8
15		14	12
		9	12
		15	19
		10	9
		21	17
		13	10
		8	13
		13	10
		10	9
		9	14

Setelah data interval waktu kerusakan spare part mesin kapal CB RURIK 01 dikumpulkan, maka langkah selanjutnya dilakukan penentuan pola distribusi dengan menggunakan software Easy Fit Professional 5.5. Interval waktu kerusakan spare part yang ada diuji pola distribusinya menggunakan empat pola distribusi yang umum digunakan dalam konsep keandalan (reliability), yaitu distribusi, Weibull, Normal, Lognormal dan Eksponensial. Hasil uji distribusi dan parameter dengan menggunakan software Easy Fit Professional 5.5 dapat dilihat pada Tabel 8, antara lain sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Uji Distribusi dan Parameter Interval Kerusakan

No	Nama Komponen Spare Part	Distribusi	Parameter	
1	Injector 65.10101-7097	Weibull	$\alpha = 4.5449$	$\beta = 23.042$
2	Piston 65.02501-0707	Weibull	$\alpha = 3.299$	$\beta = 26.572$
3	Valve Ex 65.04101-0068	Weibull	$\alpha = 4.465$	$\beta = 13.809$
4	Valve In 65.04101-0067	Weibull	$\alpha = 4.2964$	$\beta = 14.363$

Perhitungan Mean Time To Fail (MTTF)

Perhitungan nilai *mean time to Fail* (MTTF) merupakan perhitungan nilai rata-rata komponen *spare part* setelah dilakukan perbaikan atau penggantian hingga komponen *spare part* terkait mengalami kegagalan atau kerusakan. Perhitungan MTTF diberikan sebagai bentuk gambaran perusahaan untuk penentuan kapan jadwal penggantian *spare part* terkait sebaiknya diganti. Setelah dilakukan perhitungan terhadap nilai MTTF, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan perbandingan nilai *output* dari hasil perhitungan MTTF dengan kondisi nyata (*real*) di lapangan. Tujuannya adalah untuk menguji apakah kevalidan dari data tersebut. Pengujian validasi bertujuan untuk mengetahui apakah model yang sudah dibuat dapat menggambarkan kondisi nyata. Validasi berfokus dengan data dan distribusi. Perhitungan nilai MTTF untuk masing-masing komponen *spare part* kritis dari mesin kapal CB RURIK 01 adalah sebagai berikut:

Injector 65.10101-7097

Berdasarkan hasil pengujian pola distribusi menggunakan *software easy fit professional 5.5*, data kerusakan komponen *spare part* Injector 65.10101-7097 mengikuti pola distribusi Weibull. Nilai parameter distribusi yang dihasilkan komponen *spare part* yaitu $\alpha = 4.5449$ dan $\beta = 23.042$. Perhitungan MTTF untuk komponen *spare part* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 MTTF &= \beta r \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \\
 MTTF &= 23.042r \left(1 + \frac{1}{4.5449}\right) \\
 MTTF &= 23.042r (1.22) \\
 MTTF &= 21.037 \\
 MTTF &\approx 21 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil wawancara dengan departemen *technical* di perusahaan, rata-rata interval penggantian untuk komponen *spare part* Injector 65.10101-7097 adalah 15 hari paling cepat, dan paling lambat 1 bulan, namun bisa melebihi dari jangka waktu 1 bulan, tergantung pada kondisi mesin kapal tersebut. Angka yang didapatkan pada perhitungan MTTF menunjukkan bahwa rata-rata interval penggantian untuk komponen *spare part* Injector 65.10101-7097 sebesar 21 hari. Jika dibandingkan dengan *range* data yang diberikan oleh perusahaan, maka hasil perhitungan MTTF diatas yang didapatkan masih berada dalam *range*, yang artinya bahwa hasil perhitungan MTTF ini sesuai dengan kenyataan yang diberikan oleh perusahaan. Selanjutnya

merupakan hasil dari perhitungan MTTF untuk komponen *spare part* lainnya disertai analisis dengan hasil wawancara terhadap *range* data yang diberikan perusahaan yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil *Output* Perhitungan MTTF

Komponen <i>Spare Part</i>	Hasil Perhitungan MTTF	Range Data	Keterangan
Piston 65.02501-0707	±24 hari	±14-30 hari	Sesuai Kenyataan
Valve Ex 65.04101-0068	±13 hari	± 7-30 hari	Sesuai Kenyataan
Valve In 65.04101-0067	±13 hari	± 7-30 hari	Sesuai Kenyataan

Perhitungan Economic Order Quantity (EOQ), Safety Stock, dan Reorder Point

Permasalahan terletak pada penentuan jumlah pemesanan optimal (Q^*) dari *supplier* yang telah ditentukan sebagai *supplier* tetap, titik pemesanan kembali, dan besarnya persediaan stok pengaman terhadap keempat komponen *spare part* kritis dari mesin kapal CB RURIK 01. Untuk menentukan nilai lot pemesanan (Q^*) menggunakan sistem Q dengan mengasumsikan kemungkinan kekurangan produk (α) < 5%. Maka nilai Z_α diperoleh melalui tabel kurva distribusi normal yaitu 1,65. Berikut akan diberikan contoh perhitungan nilai Q^* , *reorder point*, dan *safety stock* untuk komponen *spare part* Injector 65.10101-7097. Perhitungan ini dilakukan dengan bantuan *software Microsoft Excel*, antara lain sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q^* &= \sqrt{\frac{2DA}{H}} = \sqrt{\frac{2(78)(Rp.225.000)}{(0.15)(Rp.1.274.249)}} = 13.55129433 \\
 &\approx 14 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang demikian rupa sama, maka tahap selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap nilai Q optimal (Q^*) dari komponen *spare part* mesin kapal CB RURIK 01 yang lainnya, yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Q Optimal *Spare Part* Mesin Kapal CB RURIK 01

Komponen <i>Spare Part</i>	Q^* Optimal (<i>unit</i>)
Injector 65.10101-7097	14
Piston 65.02501-0707	14
Valve Ex 65.04101-0068	54
Valve In 65.04101-0067	55

Selanjutnya dilakukan suatu perbandingan nilai Q Optimal ini dengan kenyataan yang telah

dilakukan atau dipesan oleh perusahaan terhadap keempat *spare part* ini. Hal ini ditujukan untuk melihat perbedaan antara metode yang diusulkan dengan realita kondisi sesungguhnya di perusahaan dalam hal pengadaan *spare part*. Data yang didapatkan dan telah diolah lebih lanjut terkait pembelian *spare part* dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Data Pembelian *Spare Part* PT. X

Supplier	Purchase Order	Date	Item Number	Material Description	Qty
Apollo Marine Pte Ltd	18810927	27/11/18	EngineDoosan 01Sp143	Injector 65.10101-7097	24
	18810927	27/11/18	EngineDoosan 01Sp051	Piston 65.02501-0707	19
	18810927	27/11/18	EngineDoosan 01Sp065	Valve Ex 65.04101-0068	80
	18810927	27/11/18	EngineDoosan 01Sp067	Valve In 65.04101-0067	80

Berdasarkan Tabel 11 di atas, dapat dilihat bahwa jumlah pemesanan yang dilakukan terhadap *spare part* kritis yang terpilih ini masing-masing adalah Injector 65.10101-7097 berjumlah 24 *pieces*, Piston 65.02501-0707 berjumlah 20 *pieces*, Valve Ex 65.04101-0068 dan Valve In 65.04101-0067 yang berjumlah 100 *pieces*. Hasil ini kemudian dapat dibandingkan dengan perhitungan jumlah pemesanan optimum (Q^*) berdasarkan kebijakan EOQ yang menjadi masukan bagi perusahaan. Bagi *spare part* Injector 65.10101-7097 memiliki simpangan sebesar 10, Piston 65.02501-0707 memiliki simpangan sebesar 5, dan untuk Valve Ex 65.04101-0068 serta Valve In 65.04101-0067 memiliki simpangan sebesar 24 dan 25.

Artinya bahwa disini antara perhitungan EOQ dan kenyataan yang dibeli oleh perusahaan memiliki selisih yang cukup beragam. Perusahaan juga dinilai terlalu boros dalam pengeluaran pengadaan barang dalam jumlah tertentu sehingga barang di gudang penyimpanan di Surabaya menjadi menumpuk. Meskipun demikian, perhitungan EOQ yang dijadikan masukan belum menjadi keputusan akhir. Meskipun *lead time*, biaya-biaya persediaan telah ditetapkan, namun dalam banyak hal penetapan angka-angka tersebut berdasarkan estimasi. Bagaimanapun hasil perhitungan EOQ bukanlah keputusan akhir. Apa yang diberikan oleh model EOQ merupakan masukan bagi manajemen dalam membangun keputusan akhir kebijaksanaan pengendalian persediaan.

Selanjutnya dilakukan perhitungan lebih lanjut mengenai nilai dari pada *Safety Stock* (SS) atau

stok pengaman yang harus tersedia dan dimiliki perusahaan di dalam gudang penyimpanan. Ketetapan sesuai perjanjian dengan perusahaan bahwa perusahaan mengijinkan kekurangan persediaan sebesar 5%, dan oleh karena itu nilai *service level* sebesar 95% yang bisa dilihat dalam tabel distribusi Normal bernilai 1,64 (*Service Factor*). Berikut merupakan perhitungan nilai *Safety Stock* (SS) untuk komponen *spare part* Injector 65.10101-7097, adalah sebagai berikut:

$$SS = Z_{\alpha} \times \sigma$$

$$SS = 1.644853627 \times 1.58113883$$

$$SS = 3,225992457 \approx 3 \text{ unit}$$

Dengan cara yang demikian rupa sama, berikut perhitungan terhadap nilai persediaan pengaman (*safety stock*) dari komponen *spare part* lainnya, yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. *Safety Stock Spare Part* Mesin Kapal CB RURIK 01

Komponen <i>Spare Part</i>	<i>Safety Stock</i> (unit)
Injector 65.10101-7097	3
Piston 65.02501-0707	2
Valve Ex 65.04101-0068	4
Valve In 65.04101-0067	4

Selanjutnya dilakukan perhitungan lebih lanjut mengenai nilai dari pada *Reorder Point* (ROP) atau titik pemesanan kembali yang harus dilakukan oleh perusahaan ketika mencapai titik minimal dari stok *spare part* terkait. Berikut merupakan perhitungan nilai *Reorder Point* (ROP) untuk komponen *spare part* Injector 65.10101-7097, adalah sebagai berikut:

$$ROP = SS + \text{penggunaan selama } Lead \text{ Time}$$

$$ROP = 3 + (1.58 \times 7 \text{ hari})$$

$$ROP = 14,06797181 \text{ unit} \approx 14 \text{ unit}$$

Dengan cara yang demikian rupa sama, maka berikut perhitungan terhadap nilai *reorder point* dari komponen *spare part* lainnya, yang dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. *Reorder Point Spare Part* Mesin Kapal CB RURIK 01

Komponen <i>Spare Part</i>	<i>Reorder Point</i> (unit)
Injector 65.10101-7097	14
Piston 65.02501-0707	11
Valve Ex 65.04101-0068	21
Valve In 65.04101-0067	21

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis, dapat diambil suatu kesimpulan terkait faktor-faktor yang menyebabkan tingginya tingkat *downtime* yang terjadi di perusahaan. Faktor-faktor tersebut terdiri dari keputusan penggantian *spare part*, sistem pengadaan *spare part* yang didasarkan atas permintaan saja tanpa adanya perhitungan yang jelas, manajemen inventori di gudang pun kurang baik, dan kebijakan pemeliharaan yang diterapkan terkait jadwal penggantian komponen *spare part*.

Sistem perawatan (*maintenance*) usulan yang diberikan yaitu perhitungan rata-rata waktu *spare part* bekerja dalam kondisi normal sampai dengan mengalami kegagalan (MTTF) sebagai gambaran bagi PT. X dalam pengambilan keputusan terkait jadwal penggantian *spare part*

Selain itu, untuk mendukung sistem perawatan (*maintenance*) yang baik, diperlukan sistem pengadaan barang yang baik pula.

Berdasarkan hasil metode pengklasifikasian ABC menggunakan kebijakan Pareto, ditemukan terdapat empat buah *spare part* yang dapat ditentukan jumlah persediaannya dalam jangka waktu kedepan berdasarkan perhitungan Q Optimal, *Safety Stock*, dan *Reorder Point*. Keempat *spare part* tersebut antara lain Injector 65.10101-7097, Piston 65.02501-0707, Valve Ex 65,04101-0068, dan Valve In 65.02101-0067.

Daftar Pustaka

1. Corder, A., dan Kusnul, H., *Teknik Manajemen Pemeliharaan*, Erlangga, Jakarta, 2016.
2. Mobley, E. K., *Maintenance Engineering Handbook 7th Edition*, Mc Graw Hill, USA, 2018.
3. Heizer, J., dan Barry, R. *Operation Management*, Salemba Empat, Jakarta, 2010:92.
4. Nepal, M., dan Park, M, *Downtime Model Development for Construction Equipment Management, Engineering, Construction and Architectural Management*, Queensland University, Australia, 2004.
5. Sumayang, L., *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi Edisi Ketiga*, Salemba Empat, Jakarta, 2010:206.