

PERANCANGAN KEBIJAKAN PENGELOLAAN SUKU CADANG PADA ENGINE CT7 MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED SPARES (RCS) DAN MERANCANG USULAN MATERIAL HANDLING UNTUK SPARES ENGINE CT7 DI PT. NUSANTARA TURBIN DAN PROPULSI

DESIGN OF MANAGEMENT POLICEIS ENGINE CT7 SPARES USING RELIABILITY CENTERED SPARED (RCS) METHOD AND MATERIAL HANDLING DESIGN PROPOSAL FOR SPARES ENGINE CT7 AT. PT. NUSANTARA TURBIN DAN PROPULSI

Muhammad Aryun Azhari¹ , Fransiskus Tatas Dwi Atmaji² , Ika Arum Puspita³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹aryunazhari@telkomuniversity.ac.id , ²frans.tatas@telkomuniversity.ac.id ,

³ikaarumpuspita@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Engine CT7 merupakan engine dengan permintaan maintenance terbesar di PT. Nusantara Turbin dan Propulsi. Tingginya permintaan engine CT7 menyebabkan downtime yang cukup besar. Faktor yang menyebabkan downtime engine CT7 menjadi cukup besar adalah tingginya lead time komponen non-repairable dan sistem perpindahan material yang masih belum optimal dalam melakukan kegiatan maintenance pada engine CT7. Metode yang digunakan yaitu Reliability Centered Spares (RCS) yang dapat menentukan komponen kritis sehingga dapat menentukan kebijakan pengelolaan dari komponen tersebut. Kebijakan pengelolaan spare part sangat penting karena tidak jarang dalam kegiatan maintenance ada spare part yang tidak tersedia sehingga membuat kegiatan maintenance menjadi tidak optimal. Sedangkan material handling equipment pada saat kegiatan maintenance menjadi hal yang sangat penting karena dapat membuat kegiatan maintenance lebih optimal. Metoda yang digunakan untuk material handling selection adalah metode framework. Metode ini dapat menentukan material handling equipment yang optimal. Untuk mengurangi downtime PT. Nusantara Turbin dan Propulsi harus menerapkan strategi hold parts untuk komponen kritis engine CT7. Kebutuhan spare part selama lima tahun kedepan sebanyak 22 compressor rotor, 12 mid frame, 19 turbin blade, dan 11 power turbin drive shaft. Untuk mempercepat waktu mainteance engine CT7 sebesar 42 jam 45 menit dan menekan biaya sebesar \$530.39 PT. Nusantara Turbin dan Propulsi sebaiknya menggunakan unitload 2 dalam sistem material handling, dengan menggunakan material handing equipment forklift dan moverak.

Kata Kunci : *maintenance, Reliability Centered Spares, spare part, material handling, framework*

Abstract

Engine CT7 is an engine with the highest maintenance demand in PT. Nusantara Turbin & Propulsi. The high number of demand leads to a substantial downtime. Main factors that cause this considerable downtime are the high number of lead time of the non-repairable components and also due to material handling system that not quite optimal in maintaining Engine CT7. Reliability Centered Spares (RCS) is a method that can be utilized to determine and detect thoroughly the critical components, therefore an appropriate management policy of those components can be taken. Spare Part Inventory Management is very vital because in many maintenance cases if any spare part is not available, it can obstruct the whole maintenance process. Material Handling equipment is not less crucial. it could optimize the overall maintenance process with high efficacy, the framework method in material handling selection could determine the most optimal material handling equipment.. In order to significantly reduce the downtime, PT. Nusantara Turbin & Propulsi must implement a hold parts strategy for the critical components of Engine CT7. The spare parts needs for the next five years are 22 compressor rotor, 12 mid frame, 19 turbine blade, dan 11 power turbine. To speed up the maintenance time of Engine CT7 by 42 hours 45 minutes and to cut the cost by \$ 200,73, PT. Nusantara Turbin & Propulsi should preferably use Unitload 2 in Material handling system, and use Forklift and Moverak as the MHE

Index Terms - *Framework, Maintenance, Material handling, Reliability Centered Spares, Spare part*

1. Pendahuluan

Engine CT7 merupakan *engine* yang paling banyak memiliki permintaan *maintenance* pada PT Nusantara Turbin dan Propulsi. *Maintenance* atau perawatan adalah semua tindakan yang diperlukan untuk mengembalikan *item/equipment* pada kondisi semula [1]. Kerusakan pada *engine CT7* dari tahun 2012-2016 mencapai angka 20. Permintaan *maintenance engine CT 7* paling besar terjadi pada tahun 2015, sedangkan permintaan *maintenance engine CT 7* paling kecil terjadi pada tahun 2014.

Spare Part adalah komponen yang dibutuhkan untuk menjaga kemampuan *equipment* mesin agar dapat terus berada pada kondisi yang baik dan dapat beroperasi dengan baik [2]. Salah satu faktor *maintenance engine CT7* yang lama karena harus menunggu *spare part* sebelum melaksanakan *maintenance engine CT7*. *Lead time* untuk komponen *non-repairable* pada *engine CT7* mencapai 1-2 bulan. Sehingga PT. Nusantara Turbin dan Propulsi memerlukan *spare part* atau suku cadang guna mengganti komponen yang sudah tidak bisa lagi diperbaiki.

Untuk meningkatkan kegiatan *maintenance* yang baik dibutuhkan strategi *spare part* yang baik. *Reliability Centered Spares (RCS)* adalah suatu pendekatan untuk menentukan *level* inventori suku cadang berdasarkan *trough-life costing* dan kebutuhan peralatan dan operasi perawatan dalam mendukung *inventory* [3].

Proses perpindahan *spare part* dalam kegiatan *maintenance engine CT7* sangat penting karena dapat mempengaruhi waktu proses. Dalam proses perpindahan *spare part engine CT7* pada saat melaksanakan *maintenance* menggunakan *unit load* sesuai dengan *sub-system engine CT 7* dengan frekuensi 3 sehingga menyebabkan banyak *idle time* sangat tinggi yaitu sebesar 282 jam 45 menit. Tingginya *idle time* menyebabkan tingginya biaya dan waktu proses yang lama yaitu sebesar 458 jam 15 menit. Dalam proses perpindahan *spare part engine CT7* pada saat melaksanakan *maintenance* menggunakan *unit load* sesuai dengan *sub-system engine CT 7* dengan frekuensi 3 sehingga menyebabkan banyak *idle time* sangat tinggi yaitu sebesar 282 jam 45 menit. Tingginya *idle time* menyebabkan tingginya biaya dan waktu proses yang lama yaitu sebesar 458 jam 15 menit.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Reliability Centered Spares

Reliability Centered Spares (RCS) adalah suatu pendekatan untuk menentukan *level* inventori suku cadang berdasarkan *trough-life costing* dan kebutuhan peralatan dan operasi perawatan dalam mendukung *inventory* [3]. *RCS* dapat berfungsi untuk memastikan ketersediaan suku cadang dalam melakukan *maintenance*, menentukan strategi *spare part*, dan menentukan jumlah *spare part* yang dibutuhkan dalam setahun.

Metode *Reliability Centered Spares (RCS)* terdiri dari beberapa pertanyaan dasar dimana untuk mendapatkan jawabannya perlu memeriksa kebutuhan suku cadang, konsekuensi ketidaktersediaan dan peramalan permintaan. Setelah menjawab pertanyaan, kemudian dapat ditentukan kebutuhan *stock holding* dan kemungkinan kebutuhan suku cadang diluar perencanaan perawatan [3]. Lima pertanyaan dasar tersebut diantaranya :

1. *what are the maintenance requirements of the equipment*
2. *what happens if no spares is available*
3. *can the spares requiremen be anticipated*
4. *what stock holding of the spares is needed*
5. *what if the maintenance requirements cannot meet*

2.2 Poisson process

Rumus dari *poisson process* adalah :

$$f(k; \lambda) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} \dots\dots\dots(1)$$

2.3 Framework

Untuk menentukan *material handling equipment* yang cocok dibutuhkan metode yang tepat. Berikut adalah metode maupun tahapan yang digunakan untuk menentukan *material handling equipment* yaitu *Framework for Selection of Material Handling Equipment* [4]:

2.3.1 Conceptual Design

1. *Specify and prioritize requirements*
Menentukan persyaratan yang membahas bentuk yang diinginkan dari sistem (manual, mekanik, otomatis, atau kombinasi), operasi (misalnya pemanfaatan), pemeliharaan, karakteristik material dan beban (misalnya ukuran dan berat), bergerak, pembatasan (misalnya beberapa lantai), karakteristik yang diinginkan dari sistem MH seperti modularitas dan daya upgrade, dan kebutuhan pengguna lainnya.
2. *Set and decompose objectives*
Mengidentifikasi tujuan MH terkait dengan tujuan dari fasilitas menginstal sistem MH (utilisasi peralatan misalnya memaksimalkan bisa menjadi tujuan MH dalam menanggapi fasilitas tujuan seperti memaksimalkan produktivitas), dan untuk kebutuhan pengguna untuk sistem MH (misalnya memaksimalkan throughput yang bisa menjadi tujuan MH jika fasilitas kebutuhan sistem yang mendukung hasil yang tinggi).
3. *Establish performance measures*
Menentukan persyaratan yang harus diukur (misalnya pemanfaatan dan hasil).
4. *Functional Decomposition*
Identifikasi dari grafik proses fungsi utama di fasilitas yang didukung oleh MH (misalnya menyingkirkan di gudang didukung oleh fungsi MH seperti loading, bergerak, dan bongkar muat).
5. *Determine Candidate Equipment Classes*
Identifikasi calon kelas peralatan dalam setiap kategori untuk mencapai masing-masing sub-fungsi (misalnya jika bergerak adalah sub-fungsi, konveyor, truk, AGV, dan crane, yang kelas dalam kategori pengalihan, akan diidentifikasi sebagai alternatif untuk melakukan itu).
6. *Design Subsystems*
Mengidentifikasi sub-sistem seperti sistem sortasi otomatis, penyimpanan otomatis / sistem pengambilan (AS / RS), dan AGV.

2.3.2 Investigation

7. *Select Equipment Type From a Classes*
Gunakan tujuan dan persyaratan yang ditentukan sebelumnya pada beban (berat badan mereka, bentuk, dan ukuran), throughput, dan pemeliharaan untuk memilih jenis peralatan dari dalam kelas peralatan ditentukan Langkah 5 dan 6 (misalnya jika truk diidentifikasi pada Langkah 5 sebagai kelas peralatan untuk menggunakan truk kemudian didukung akan dipilih jika kebutuhannya adalah untuk memindahkan beban berat).
8. *Determine Number of Units of an Equipment Type*
Memeriksa pohon tujuan, ukuran kinerja, dan persyaratan untuk mengidentifikasi masing-masing, tujuan dan kendala yang dapat dimasukkan dalam model analisis.

2.3.3 Solution

9. *Determine Specifications of the Selected Equipment*
Tentukan dari persyaratan informasi pada berat, bentuk, dan dimensi beban, volume yang ditangani, tinggi mengangkat, dan lebar lorong.
10. *Evaluate the Design*
Membangun model untuk mensimulasikan operasi dari peralatan yang dipilih

2.4 Unit load

Unit load adalah bagaimana memindahkan sejumlah entitas dalam sekali perpindahan. Semakin besar beban yang dibawa maka semakin kecil biaya yang dibutuhkan untuk persekali pindah. Tujuannya adalah jumlah *material* yang diangkut oleh *material handling equipment* maksimal atau sebesar-besarnya.

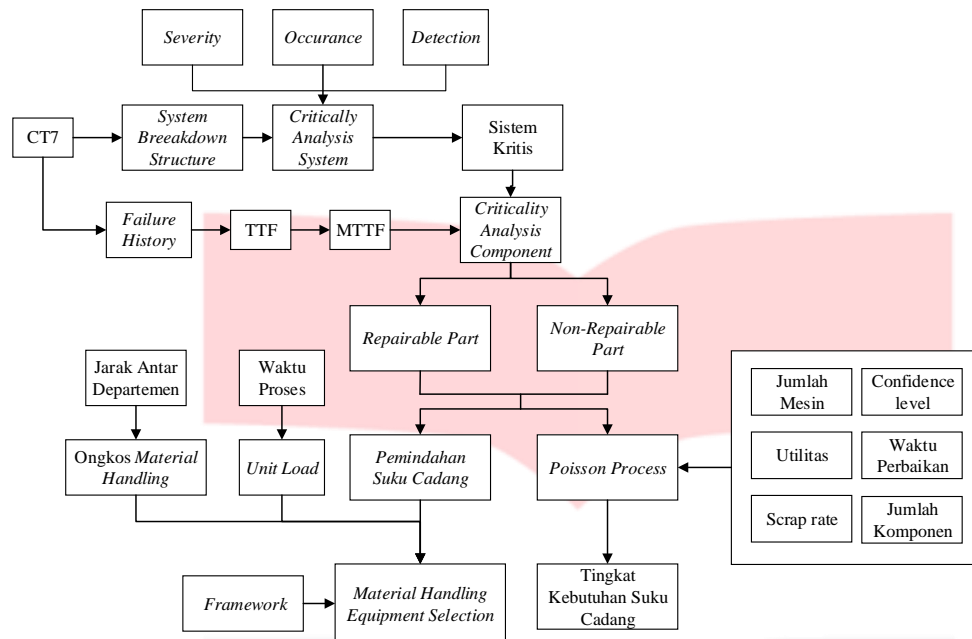
2.5 Ongkos Material Handling

rumus untuk perhitungan biaya *material handling* adalah sebagai berikut:

$$O_{MH} = r \times f \times O_{MH} / m \dots \dots \dots (2)$$

2.3 Model Konseptual

Model Konseptual adalah rincian kegiatan yang dilakukan oleh penulis untuk mencapai tujuan pada penelitian ini. Model konseptual dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar III.1



Gambar 1. Model Conceptual

3. Pembahasan

3.1. Komponen Kritis

Tabel.1 Jumlah Downtime Komponen Kritis Engine CT7

No	Nama Part	Jumlah downtime/ tahun (jam)
1	<i>Compressor Rotor</i>	31512
2	<i>Mid Frame</i>	24840
3	<i>Turbin Blade</i>	26784
4	<i>Power Turbin Drive Shaft</i>	20328

3.2. Mean Time To Failure

Penentuan *mean time to failure* (MTTF), dilakukan berdasarkan distribusi masing masing komponen kritis pada engine CT7 yaitu *Midframe*, *Compressor Rotor*, *Turbin Blade*, dan *Power Turbin Drive Shaft* pada penelitian ini keempat komponen tersebut memiliki distribusi weibull. Berikut adalah hasil perhitungan weibull dari ke empat komponen kritis engine CT7.

Tabel.2 Mean Time To Failure

MTTF						
Komponen	Distribusi	Parameter		(1/β +1)	Tabel Gamma	MTTF (Jam)
<i>Compressor Rotor</i>	Weibull	η	717.544	1.478109745	0.88571896	635.5423257
		B	2.09157			
<i>Mid Frame</i>	Weibull	η	1409.88	1.817147013	0.93604735	1319.714438
		β	1.22377			
<i>Turbin Blade</i>	Weibull	η	879.416	1.612276137	0.894956718	787.0392572
		β	1.63325			
<i>Power Turbin Drive Shaft</i>	Weibull	η	1664.6	1.714433704	0.911452997	1517.204659
		β	1.39971			

3.3. Penentuan Strategi Spares

Perusahaan melakukan pengadaan suku cadang pada level tertentu berdasarkan pada *replacement strategy* yang ingin dilakukan [5]. Untuk menentukan kebijakan persediaan *spare part* perlu dilakukan identifikasi terhadap komponen kritis pada *engine CT7*. Pada penelitian ini jenis perbaikan pada komponen kritis adalah *non-repairable part* maka dari itu kebijakan strategi untuk komponen *Midframe*, *Compressor Rotor*, *Turbin Blade*, dan *Power Turbin Drive Shaft* adalah *hold part* atau dilakukan penyimpanan *spares* sesuai dengan *failure* masing masing komponen kritis.

3.3. Perhitungan Jumlah Kebutuhan Spare part

Berdasarkan hasil perhitungan yang dapat dilihat pada lampiran A untuk memprediksi kebutuhan *spare part* komponen kritis *engine CT7* untuk periode 5 tahun kedepan menggunakan metode *poisson process* dengan *service level* sebesar 95% adalah sebagai berikut :

Tabel.3 Kebutuhan Spare Part

Komponen Kritis	Kebutuhan spare part (5 tahun)
<i>Compressor Rotor</i>	22
<i>Mid Frame</i>	12
<i>Turbin Blade</i>	19
<i>Power Turbin Shaft</i>	11

3.4. Framework

Metode *framework* adalah metode yang digunakan untuk menentukan *material handling equipment* yang digunakan untuk memindahkan material dari satu departemen ke departemen lainnya. Pada tahap pertama penulis melakukan observasi dilapangan dan melihat material seperti apa yang akan dipindahkan. Material dari departemen *receiving* menuju departemen *disassembly* dan material dari departemen *assembly* menuju departemen *tes* merupakan *engine CT7* utuh, sedangkan untuk departemen dari *disassembly* sampai dengan material yang menuju departemen *assembly* merupakan komponen *engine CT7* yang telah dibongkar. Selanjutnya penulis menentukan *Requirement* secara umum yaitu Mampu Memindahkan material dengan baik, dan MHE dapat menyesuaikan dengan jalur lebarnya 2.5 M. Penulis kemudian memilih kandidat MHE yang sesuai dengan kebutuhan umum yaitu *AGV, Handtruck, Handpallet, Moverak, Trolley, Forklift*. Setelah itu Penulis menentukan kebutuhan spesifik berdasarkan material yang akan diantarkan. Untuk material yang berukuran besar sebaiknya diaantarkan menggunakan *material handling equipment* dengan kriteria Mampu memindahkan material dengan dimensi yang besar, dan dapat menyesuaikan jalur. Sedangkan untuk material berukuran kecil sebaiknya diaantarkan oleh *material handling equipment* yang memiliki kriteria Dapat memindah material dengan dimensi yang kecil dalam jumlah yang banyak, mudah dibersihkan, cocok untuk tingkat aliran material rendah dapat menangani material dengan baik dan meminimalisir reject dalam perjalanan. Pada tahap terakhir penulis memilih *material handling selection* yang cocok digunakan oleh PT. Nusantara Turbin dan Propulsi dalam melaksanakan kegiatan *maintenance engine CT7*, untuk material yang besar penulis memilih menggunakan MHE *forklift*, sedangkan untuk material yang berukuran kecil penulis memilih menggunakan *moverak*.

3.4. Unit Load

Perhitungan *unit load* dilakukan berdasarkan komponen yang melewati seluruh departemen yaitu terdapat 17 komponen yang terdiri dari *sub-system engine CT7*. Perhitungan *unit load* dilakukan menggunakan metode *trial and error* yang dilakukan pada *unit load* 17, 9, 6, 3, 2, 1 dan kondisi *existing* yaitu *unit load* per *sub-system*. *Unit load* adalah jumlah entitas yang dibawa pada satu kali pengantaran material handling, Jumlah *unit load* akan berbanding terbalik dengan Frekuensi untuk itu semakin besar *unit load* maka semakin kecil frekuensi pengantarannya. Pada perhitungan *unit load* penulis menggunakan data waktu operasi setiap komponen ddi setiap departemen data waktu pemindahan material dari satu departemen ke departemen lainnya adalah 15 menit atau 0,25 jam. Berikut adalah data waktu dan frekuensi masing masing *unit load* untuk menyelesaikan satu kegiatan *maintenance engine CT7*.

Tabel.4 Analisis *Unit Load*

<i>Unit Load</i>	Waktu (jam)	Frekuensi
17	585.5	1
9	494.75	2
6	436,75	3
3	426..75	6
2	415,5	9
1	401,25	17
<i>Sub-system</i>	458.25	3

3.4. Ongkos material Handling

Perhitungan biaya dilakukan untuk setiap *unitload*. Dalam perhitungan ini dibutuhkan data *material handling equipment* yang digunakan, jumlah *material handling equipment* yang digunakan dalam satu kali pengantaran, OMH per meter, serta frekuensi Pengantaran. Kemudian penulis menghitung upah operator sesuai waktu yang dibutuhkan masing masing *unitload* untuk menyelesaikan kegiatan *maintenance engine CT7*. Berikut adalah perhitungan biaya OMH dan upah operator per *unit load* :

Tabel.5 Tabel Total Biaya

<i>Unitload</i>	OMH	Waktu Total	Total Biaya Operator	Total Biaya
17	\$127,89	585.50	\$3,325.64	\$3.453,53
9	\$127,89	494.75	\$2.810,18	\$2.938,07
6	\$159,71	436.75	\$2.480,74	\$2.640,45
3	\$170,98	426.75	\$2.423,94	\$2.594,92
2	\$201,80	415.50	\$2.360,04	\$2.561.84
1	\$344,10	401.25	\$2.279,1	\$2.623,20
<i>sub-system</i>	\$159,71	458.25	\$2.602,86	\$2.762,57

Pada tabel V.7 pada dilihat bahwa dilihat dari segi OMH dan biaya operator perjamnya sistem *material handling* dengan *unitload* 2 merupakan sistem *material handling* paling murah yaitu dengan 2.561.84 dollar

4. Kesimpulan

Pada rentang waktu 2012-2016 *engine CT7* merupakan *engine* dengan permintaan *maintenance* terbesar di PT. Nusantara Turbin dan Propulsi. Melalui *tools risk priority number* terpilih 4 komponen kritis yang terdapat pada *engine CT7* yaitu *Midframe* dengan nilai RPN sebesar 486, *Compressor Rotor* dengan nilai RPN sebesar 432, *Turbin Blade* dengan nilai RPN sebesar 441, dan *Power Turbin Drive Shaft* dengan nilai RPN sebesar 405, Untuk mengurangi *downtime engine CT7* strategi persediaan *spare part* yang tepat untuk komponen kritis *engine CT7* adalah sebagai berikut :

Tabel.6 Klasifikasi *Part*

Komponen Kritis	Strategi Persediaan
<i>Compressor Rotor</i>	<i>Hold parts</i>
<i>Mid Frame</i>	<i>Hold parts</i>
<i>Turbin Blade</i>	<i>Hold parts</i>
<i>Power Turbin Shaft</i>	<i>Hold parts</i>

Berdasarkan hasil perhitungan untuk memprediksi kebutuhan *spare part* komponen kritis *engine* CT7 untuk periode 5 tahun kedepan menggunakan metode *Poisson process* dengan *service level* sebesar 95% adalah sebagai berikut :

Tabel.7 Kebutuhan *Spare Part*

Komponen Kritis	Kebutuhan <i>spare part</i> (5 tahun)
<i>Compressor Rotor</i>	22
<i>Mid Frame</i>	12
<i>Turbin Blade</i>	19
<i>Power Turbin Shaft</i>	11

Material handling equipment yang cocok untuk kegiatan *maintenance engine* CT7 berdasarkan metode *framework* adalah

Tabel.8 Tabel MHE Terpilih

<i>From to</i>	<i>Material Handling</i>
<i>REC-Disassembly</i>	Forklift
<i>disassem-Cleaning</i>	<i>Moverak</i> Kecil
<i>cleaning-chemical</i>	<i>Moverak</i> Kecil
<i>Chemical-inspeksi</i>	<i>Moverak</i> Kecil
<i>inspeksi-ok</i>	<i>Moverak</i> Kecil
<i>inspeksi-scrap</i>	<i>Moverak</i> Kecil
<i>inspeksi-repair</i>	<i>Moverak</i> Kecil
<i>Repair-OK</i>	<i>Moverak</i> Kecil
<i>Scrap-Assembly</i>	<i>Moverak</i> Kecil
<i>ok-assembly</i>	<i>Moverak</i> Kecil
<i>assembly - tes</i>	Forklift

Untuk Sistem *material handling* yang baik untuk kegiatan *maintenance engine* CT7 adalah melakukan pengiriman dari satu departemen ke departemen lainnya dengan *unit load* 2. Waktu kegiatan *maintenance* dengan sistem perpindahan *unit load* 2 sebesar 415 jam 30 menit dan total OMH dan upah operatornya sebesar \$2.561.84

Daftar Pustaka:

- [1] B. Dhillon, *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. 2002.
- [2] S. Kumar, "Spare Parts Management – An IT Automation Perspective," 2005.
- [3] P. Slater, "The What , Why and How of the Reliability Centered Spares (RCS) Process," *Spare Parts Know How*, p. 8, 2013.
- [4] Mohsen, "A framework for selection of material handling equipment in manufacturing and logistics facilities," *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 21, no. 2, pp. 246–268, 2010.
- [5] A. Salo, "Forecasting in End-Of-Life Spare Parts Procurement," *Master thesis*, 2007.



Lampiran

Perhitungan Kebutuhan Compressor Rotor

MTTF	= 635,542
A (Jumlah Komponen)	= 1
P (Confidence Level)	= 95%
N (Jumlah unit / Mesin yang digunakan)	= 1
T (Initial Period / Interval waktu yang ingin diprediksi)	= 5 tahun
M (Utility)	= 1968/tahun

$$\lambda t = \frac{A \times N \times M \times T}{MTTF} = \frac{1 \times 1 \times 1968 \times 4}{635,542} = 12,386$$

N	$\exp(-\lambda t)$	$\lambda t^n/n!$	P	
1	1.8875E-07	15.48284	0.00%	0.00%
2	1.8875E-07	119.8592	0.00%	0.00%
3	1.8875E-07	618.5867	0.01%	0.01%
4	1.8875E-07	2394.37	0.05%	0.06%
5	1.8875E-07	7414.329	0.14%	0.20%
6	1.8875E-07	19132.48	0.36%	0.56%
7	1.8875E-07	42317.87	0.80%	1.36%
8	1.8875E-07	81900.1	1.55%	2.91%
9	1.8875E-07	140894	2.66%	5.56%
10	1.8875E-07	218143.9	4.12%	9.68%
11	1.8875E-07	307044.3	5.80%	15.48%
12	1.8875E-07	396159.9	7.48%	22.95%
13	1.8875E-07	471821.5	8.91%	31.86%
14	1.8875E-07	521795.5	9.85%	41.71%
15	1.8875E-07	538591.7	10.17%	51.88%
16	1.8875E-07	521183.1	9.84%	61.71%
17	1.8875E-07	474670.3	8.96%	70.67%
18	1.8875E-07	408291.3	7.71%	78.38%
19	1.8875E-07	332711	6.28%	84.66%
20	1.8875E-07	257565.5	4.86%	89.52%
21	1.8875E-07	189897.4	3.58%	93.10%
22	1.8875E-07	133643.3	2.52%	95.63%
23	1.8875E-07	89964.22	1.70%	97.33%
24	1.8875E-07	58037.57	1.10%	98.42%
25	1.8875E-07	35943.45	0.68%	99.10%
26	1.8875E-07	21404.11	0.40%	99.50%
27	1.8875E-07	12273.94	0.23%	99.73%
28	1.8875E-07	6786.979	0.13%	99.86%
29	1.8875E-07	3623.507	0.07%	99.93%

30	1.8875E-07	1870.073	0.04%	99.97%
31	1.8875E-07	934.0012	0.02%	99.98%
32	1.8875E-07	451.906	0.01%	99.99%

Berdasarkan perhitungan tabel IV.14 kebutuhan *compressor rotor* yang dibutuhkan oleh PT. Nusantara Turbin dan Propulsi selama 5 tahun kedepan adalah 22 buah

Perhitungan Kebutuhan *Mid Frame*

MTTF	= 1319,71
A (Jumlah Komponen)	= 1
P (<i>Confidence Level</i>)	= 95%
N (Jumlah unit / Mesin yang digunakan)	= 1
T (<i>Initial Period / Interval waktu yang ingin diprediksi</i>)	= 5 tahun
M (<i>Utility</i>)	= 1968/tahun

$$\lambda t = \frac{A \times N \times M \times T}{MTTF} = \frac{1 \times 1 \times 1968 \times 4}{1319,71} = 5,96493$$

n	$\exp(-\lambda t)$	$\lambda t^n/n!$	P	
1	0.00057787	7.456158	0.43%	0.43%
2	0.00057787	27.79715	1.61%	2.04%
3	0.00057787	69.08665	3.99%	6.03%
4	0.00057787	128.7803	7.44%	13.47%
5	0.00057787	192.0412	11.10%	24.57%
6	0.00057787	238.6483	13.79%	38.36%
7	0.00057787	254.1999	14.69%	53.05%
8	0.00057787	236.9193	13.69%	66.74%
9	0.00057787	196.2787	11.34%	78.08%
10	0.00057787	146.3485	8.46%	86.54%
11	0.00057787	99.19978	5.73%	92.27%
12	0.00057787	61.63744	3.56%	95.83%
13	0.00057787	35.35219	2.04%	97.88%
14	0.00057787	18.82797	1.09%	98.96%
15	0.00057787	9.358955	0.54%	99.51%
16	0.00057787	4.361366	0.25%	99.76%
17	0.00057787	1.912884	0.11%	99.87%
18	0.00057787	0.792376	0.05%	99.91%
19	0.00057787	0.310952	0.02%	99.93%
20	0.00057787	0.115925	0.01%	99.94%
21	0.00057787	0.04116	0.00%	99.94%

Berdasarkan perhitungan tabel IV.14 kebutuhan *mid frame* yang dibutuhkan oleh PT. Nusantara Turbin dan Propulsi selama 5 tahun kedepan adalah 12 buah

Perhitungan Kebutuhan Turbin Blade

MTTF = 787,039
 A (Jumlah Komponen) = 1
 P (Confidence Level) = 95%
 N (Jumlah unit / Mesin yang digunakan) = 1
 T (Initial Period / Interval waktu yang ingin diprediksi) = 5 tahun
 M (Utility) = 1968/tahun

$$\lambda t = \frac{A \times N \times M \times T}{\text{MTTF}} = \frac{1 \times 1 \times 1968 \times 4}{787,039} = 10,002$$

n	$\exp(-\lambda t)$	$\lambda t^n/n!$	P	
1	3.7172E-06	12.50255	0.00%	0.00%
2	3.7172E-06	78.15692	0.03%	0.03%
3	3.7172E-06	325.7203	0.12%	0.15%
4	3.7172E-06	1018.084	0.38%	0.53%
5	3.7172E-06	2545.73	0.95%	1.48%
6	3.7172E-06	5304.686	1.97%	3.45%
7	3.7172E-06	9474.589	3.52%	6.97%
8	3.7172E-06	14807.07	5.50%	12.48%
9	3.7172E-06	20569.57	7.65%	20.12%
10	3.7172E-06	25717.22	9.56%	29.68%
11	3.7172E-06	29230.08	10.87%	40.55%
12	3.7172E-06	30454.22	11.32%	51.87%
13	3.7172E-06	29288.88	10.89%	62.76%
14	3.7172E-06	26156.13	9.72%	72.48%
15	3.7172E-06	21801.23	8.10%	80.58%
16	3.7172E-06	17035.69	6.33%	86.91%
17	3.7172E-06	12528.8	4.66%	91.57%
18	3.7172E-06	8702.332	3.23%	94.81%
19	3.7172E-06	5726.388	2.13%	96.93%
20	3.7172E-06	3579.723	1.33%	98.27%
21	3.7172E-06	2131.223	0.79%	99.06%
22	3.7172E-06	1211.169	0.45%	99.51%
23	3.7172E-06	658.3787	0.24%	99.75%
24	3.7172E-06	342.9756	0.13%	99.88%
25	3.7172E-06	171.5228	0.06%	99.94%
26	3.7172E-06	82.47973	0.03%	99.97%
27	3.7172E-06	38.19286	0.01%	99.99%
28	3.7172E-06	17.05387	0.01%	100.00%

Berdasarkan perhitungan tabel IV.14 kebutuhan *Turbin Blade* yang dibutuhkan oleh PT. Nusantara Turbin dan Propulsi selama 5 tahun kedepan adalah 19 buah.

Perhitungan Kebutuhan Power Turbin Drive Shaft

MTTF = 1517,205
 A (Jumlah Komponen) = 1
 P (Confidence Level) = 95%
 N (Jumlah unit / Mesin yang digunakan) = 1
 T (Initial Period / Interval waktu yang ingin diprediksi) = 5 tahun
 M (Utility) = 1968/tahun

$$\lambda t = \frac{A \times N \times M \times T}{MTTF} = \frac{1 \times 1 \times 1968 \times 4}{1517,205} = 5,188489$$

n	$\exp(-\lambda t)$	$\lambda t^n/n!$	P	
1	0.00152523	6.485612	0.99%	0.99%
2	0.00152523	21.03158	3.21%	4.20%
3	0.00152523	45.46755	6.93%	11.13%
4	0.00152523	73.72121	11.24%	22.38%
5	0.00152523	95.62543	14.59%	36.96%
6	0.00152523	103.3649	15.77%	52.73%
7	0.00152523	95.76923	14.61%	67.33%
8	0.00152523	77.64025	11.84%	79.18%
9	0.00152523	55.94939	8.53%	87.71%
10	0.00152523	36.2866	5.53%	93.24%
11	0.00152523	21.39462	3.26%	96.51%
12	0.00152523	11.5631	1.76%	98.27%
13	0.00152523	5.768751	0.88%	99.15%
14	0.00152523	2.67242	0.41%	99.56%
15	0.00152523	1.155485	0.18%	99.73%
16	0.00152523	0.468377	0.07%	99.81%
17	0.00152523	0.178689	0.03%	99.83%
18	0.00152523	0.064384	0.01%	99.84%
19	0.00152523	0.021977	0.00%	99.85%
20	0.00152523	0.007127	0.00%	99.85%

Berdasarkan perhitungan tabel IV.14 kebutuhan *Power Turbin Drive Shaft* yang dibutuhkan oleh PT. Nusantara Turbin dan Propulsi selama 4 tahun kedepan adalah 11 buah.