

USULAN UKURAN PEMESANAN OPTIMAL SUKU CADANGMESIN *GRINDING* BERDASARKAN LAJU KERUSAKAN MENGUNAKAN METODE Q (di Bengkel Pembuatan dan Service Turbin)

M. Randi Yunesa, Hari Adianto, Susy Susanty

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: randyyunesa@gmail.com

ABSTRAK

Makalah ini memaparkan model persediaan Q pada sistem pengendalian persediaan komponen suku cadang dengan laju kerusakan tidak konstan untuk pemesanan multi item di bengkel pembuatan dan servis turbin. Perusahaan perlu menjaga kelancaran proses produksi dengan melakukan penanganan mesin yang baik. Agar mesin dapat beroperasi dengan semestinya, diperlukan sistem perawatan yang dapat memperkecil kemungkinan terjadinya kerusakan mesin. Oleh karena itu diperlukan sistem pengendalian persediaan komponen yang dapat menjamin agar komponen selalu tersedia. Penerapan model persediaan Q diperoleh jumlah pemesanan optimal dan *reorder point* komponen suku cadang.

Kata kunci: Persediaan, laju kerusakan, pemesanan optimal, *reorder point*

ABSRTACT

This paper describes the application of inventory models Q on inventory control system component parts with damage rate not constant for multi bookings item in workshop and service turbine. Companies need to maintain smooth production process by doing good handling machines. So that the engine can always operate properly, it needs a system of care that can minimize the possibility of damage to the machine. Engine maintenance activities include inspection and replacement of damaged components. From the results of the application of inventory models Q obtained optimal order quantity and reorder point value component parts.

Keyword: Inventory, the rate of destruction, the optimal order, reorder point

1. PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

PT. Sinar Sakti Matra Nusantara (persero) adalah perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan turbin, jasa perbaikan atau servis maupun pembuatan komponen turbin. Banyaknya permintaan servis, pembuatan produk dan komponen menyebabkan PT. Sinar Sakti Matra Nusantara harus menerapkan suatu sistem yang terencana supaya dapat membantu proses produksi dapat berjalan dengan lancar. Salah satu aspek yang sering terlupakan adalah aspek perencanaan perawatan mesin.

Perawatan mesin tersebut meliputi persediaan komponen mesin apabila terjadi kerusakan, persediaan komponen ini ditujukan agar apabila mesin mengalami kerusakan komponen maka bagian *maintenance* dapat segera melakukan penggantian komponen mesin dengan komponen yang baru, maka mesin tersebut dengan cepat dapat kembali beroperasi sesuai kebutuhan.

Salah satu mesin yang digunakan adalah mesin grinda (*grinding*). Karena tingginya intensitas pemakaian mesin grinda mesin ini sering mengalami haus atau kerusakan komponen dibandingkan dengan mesin-mesin lain. Jika terjadi kerusakan pada komponen ini maka bagian *maintenance* memerlukan komponen pengganti secepat mungkin agar proses produksi tidak terhenti. Oleh sebab itu perusahaan perlu menyediakan komponen tersebut tepat waktu.

1.2 Identifikasi Masalah

Mesin gerinda adalah mesin yang paling sering mengalami kerusakan, kerusakan yang dialami mesin gerinda adalah rusaknya komponen kelistrikan dari mesin itu sendiri. Pada saat ini perusahaan menyediakan komponen mesin grinda tersebut berdasarkan perkiraan kerusakan saja, tidak menggunakan metoda stok barang yang terprogram. Perlunya sistem persediaan pada perusahaan adalah jika terjadi kerusakan maka perusahaan tidak membutuhkan waktu lama untuk menyediakan komponen tersebut. Karena jika mengalami kerusakan komponen, komponen tersebut tidak bisa diperbaiki dan harus diganti dengan yang baru. Maka dari itu cadangan komponen pengganti harus selalu ada tersedia di gudang.

Selama ini perusahaan selalu memesan komponen berdasarkan jumlah persediaan minimal pada gudang *spare part*. Namun jumlah dan waktu pemesanan dilakukan hanya berdasarkan pengalaman saja. Perusahaan belum menerapkan metode yang pasti dalam sistem persediaan. Pada penelitian ini diharapkan perusahaan dapat mengetahui jumlah pemesanan optimal komponen dan *reorder point* untuk setiap komponen mesin grinda khususnya.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Persediaan

Persediaan (*inventory*) dalam konteks produksi dapat diartikan sebagai sumber daya menganggur (*idle resource*). Sumber daya menganggur ini belum digunakan karena menunggu proses lebih lanjut. Proses lebih lanjut dapat berupa kegiatan produksi pada sistem manufaktur, kegiatan pemasaran pada sistem distribusi.

2.2 Konsep Keandalan (Reliability)

Menurut (Ebeling, 1997), keandalan adalah suatu penerapan perancangan pada komponen sehingga komponen dapat melaksanakan fungsinya dengan baik, tanpa kegagalan, sesuai rancangan atau proses yang dibuat. Keandalan merupakan probabilitas bahwa suatu sistem mempunyai performansi sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam selang waktu dan kondisi operasi tertentu.

2.3 Distribusi Laju Kerusakan

Setiap fungsi *reliability* hanya mempunyai satu fungsi kerusakan yang dapat dibedakan menjadi beberapa distribusi, yaitu distribusi eksponensial, distribusi normal, dan distribusi *Weibull*. (Jardine, 1973)

2.4 Pengujian Kecocokan Distribusi Weibull Dua Parameter

Pengujian distribusi *Weibull* dua parameter digunakan untuk mengetahui data yang ada mengikuti pola distribusi *Weibull* atau tidak. Salah satu metode pengujian yang digunakan adalah dengan metode *Mann's test* (Ebeling, 1997).

2.5 Penentuan Parameter Distribusi Waktu Antar Kerusakan

Metode ini juga cocok digunakan untuk penelitian yang memiliki salah satu karakteristik Sampel penelitian kecil, data mengenai populasi penelitian yang kurang lengkap, dan distribusi waktu antar kerusakan sampel penelitian tidak simetris.

2.6 Sistem Persediaan

Sistem persediaan adalah serangkaian kebijaksanaan dan pengendalian yang memonitoring ketersediaan dan menentukan tingkat persediaan yang harus dijaga, kapan persediaan harus di isi, dan berapa besar pesanan yang harus dilakukan.

2.7 Ongkos Inventory

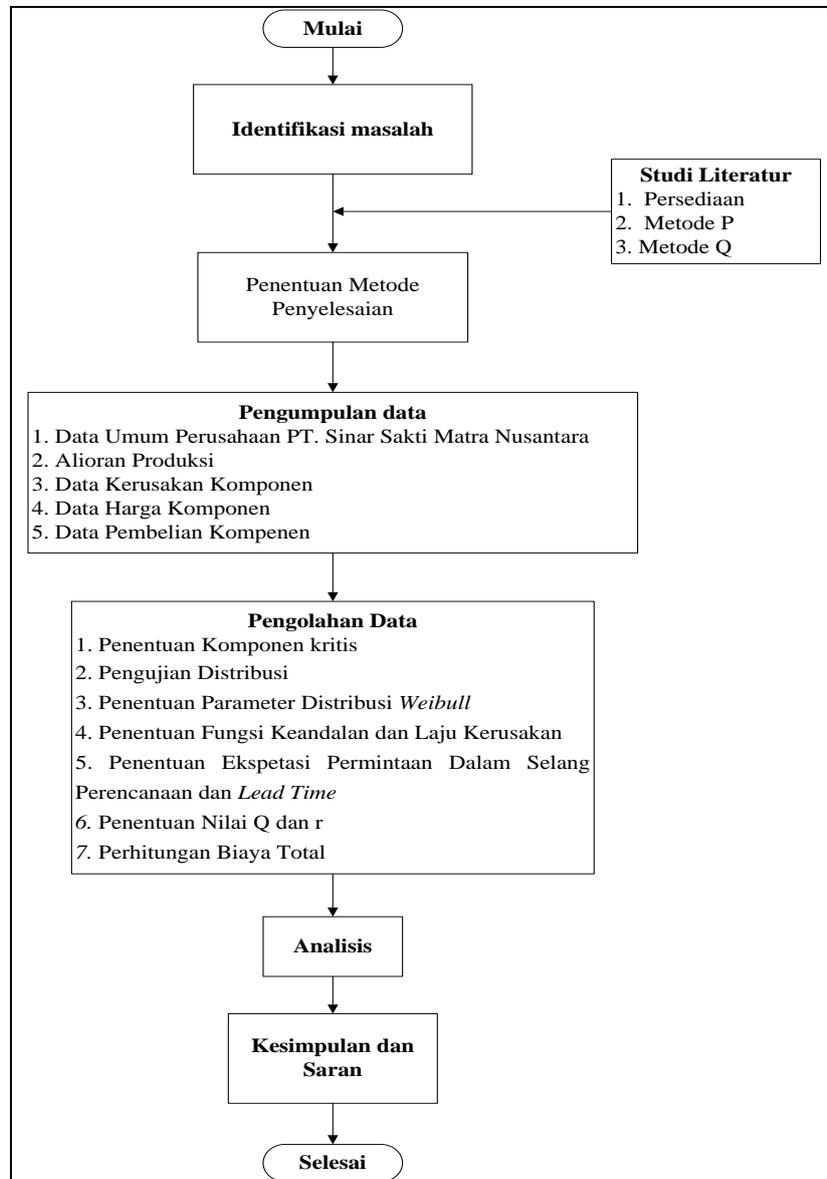
Tujuan manajemen persediaan adalah mengatur material dalam jumlah yang tepat, pada waktu yang tepat, di tempat yang tepat, dan dengan biaya yang rendah.

2.8 Metode Q dan P

Metode Q merupakan pemesanan kembali yang dilakukan pada saat dimana persediaan mencapai suatu titik pemesanan kembali (*reorder point*) dengan memperhitungkan kebutuhan yang berfluktuasi selama waktu ancap-ancang (*lead time*), persediaan untuk meredam fluktuasi selama *lead time* disebut persediaan keamanan (*safety stock*). Metode P merupakan adalah suatu sistem pengendalian persediaan yang jarak waktu antar dua pesanan adalah tetap. (Walpole, 1995)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut adalah diagram alir metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Langkah – langkah dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap Identifikasi Masalah
Berdasarkan rumusan masalah, maka dapat diketahui metode-metode yang dapat digunakan yaitu *literatur tentang metode Q, metode P, dan persediaan*.
2. Penentuan Metode yang Akan Digunakan
Model Q merupakan metode yang terpilih karena sesuai dengan kondisi perusahaan yang membutuhkan sistem persediaan yang terkendali
3. Tahap Pengumpulan Data
Data yang digunakan adalah data umum perusahaan, aliran produksi, data kerusakan komponen, data harga komponen, dan data pembelian komponen.

4. Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan adalah penentuan mesin kritis, pengujian distribusi, penentuan parameter distribusi Weibull, penentuan fungsi keandalan dan laju kerusakan, penentuan ekspektasi permintaan dalam selang perencanaan dan *Lead Time*, penentuan nilai Q dan R, perhitungan biaya total.

5. Tahap Analisis

nilai Q dan r optimal yang diperoleh dibandingkan dengan nilai Q dan r yang digunakan perusahaan. Kemudian biaya total dari hasil perhitungan untuk masing-masing Q dan r yang telah dilakukan juga dibandingkan dengan biaya total Q dan biaya Q total perusahaan.

6. Tahap Kesimpulan Data dan Saran

kesimpulan sesuai dengan identifikasi masalah dan tujuan penelitian yang telah dirumuskan pada tahap awal. Selain itu pada tahap ini juga diberikan beberapa saran yang mungkin dapat membangun dan bermanfaat bagi perusahaan, terutama yang berkaitan dengan perawatan (*maintenance*) mesin dan peralatan produksi.

4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

1. Data kerusakan komponen kritis pada mesin gerinda.
2. Data harga komponen mesin gerinda.
3. Biaya operasional perusahaan yaitu gaji karyawan.

4.2 Pengolahan Data

Data komponen kritis yang telah diperoleh dipilih menggunakan diagram pareto (80/20). Komponen kritis yang dipilih akan dilakukan pengolahan data menggunakan metode Q . Uji S-mann kemudian data tersebut dilakukan uji distribusi weibull untuk mendapatkan nilai α dan β untuk menghitung laju kerusakan komponen, laju kerusakan digunakan untuk melakukan parameter weibull. Setelah itu dilakukan perhitungan jumlah pemesanan optimal dan *reorder point* serta biaya total persediaan komponen untuk mesin gerinda dengan selang perencanaan yang telah ditentukan yaitu 1 tahun.

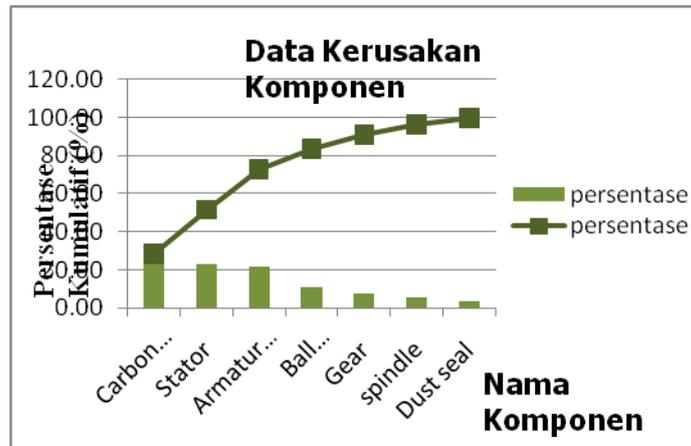
1. Memilih komponen yang paling kritis menggunakan diagram pareto.

Hasil perhitungan pareto dapat dilihat pada Tabel 1 dan grafik pada Gambar 1.

Tabel 1. Diagram Pareto

No	Komponen	Jumlah kerusakan	Persentase Kerusakan	persentase Kumulatif	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	<i>Carbon Brush</i>	16	28,57	28,57	68000	1088000
2	<i>Stator</i>	13	23,21	51,79	287000	3731000
2	<i>Armature Stator</i>	12	21,43	73,21	75000	900000
4	<i>Ball Bearing</i>	6	10,71	83,93	189300	1135800
5	<i>Gear</i>	4	7,14	91,07	370000	1480000
6	<i>spindle</i>	3	5,36	96,43	765000	2295000
7	<i>Dust seal</i>	2	3,57	100,00	1114000	2228000
	Jumlah	56				12857800

Usulan Ukuran Pemesanan Optimal Suku Cadangmesin *Grinding*
Berdasarkan Lajukerusakan Menggunakan Metode Q



Gambar 2. Diagram Pareto

Data kerusakan komponen terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Kerusakan Komponen

No	Carbon Brush (hari)	Stator (hari)	Armature Stator (hari)	Ball Bearing (hari)
1	21	19	34	50
2	13	46	31	37
3	11	12	40	95
4	10	43	21	128
5	16	39	43	54
6	9	25	20	37
7	18	14	34	
8	38	24	22	
9	26	25	35	
10	29	17	42	
11	25	52	64	
12	36	41	14	
13	10	33		
14	73			
15	17			
16	27			

2. uji *S-Mann*

Uji *S-Mann* dilakukan untuk melihat pola data apakah dapat dilakukan uji distribusi weibull atau tidak, dengan membandingkan hasil uji *S-Mann* dengan distribusi F. Apabila hasil *S-Mann* lebih kecil dibandingkan distribusi F maka data terima H_0 artinya data berdistribusi weibull dan data tersebut dapat dilanjutkan dengan uji distribusi weibull. Hasil uji *S-Mann* untuk komponen *Carbon Brush* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji *S-Mann*

No	Interval Kerusakan (hari)	ti hari	Xi	Zi	Mi	Xi+1 - Xi	(Xi+1 - Xi)/Mi	(Xi+1 - Xi)/Mi
1	21	9	2,197	-3,466	1,131	0,105		0,093
2	13	10	2,303	-2,335	0,545	0,000		0,000
3	11	10	2,303	-1,789	0,373	0,095		0,256
4	10	11	2,398	-1,416	0,290	0,167		0,576
5	16	13	2,565	-1,126	0,242	0,208		0,857
6	9	16	2,773	-0,884	0,212	0,061		0,286
7	18	17	2,833	-0,672	0,192	0,057		0,297
8	38	18	2,890	-0,480	0,179	0,154		0,861
9	26	21	3,045	-0,301	0,171	0,174	1,019	
10	29	25	3,219	-0,129	0,168	0,039	0,234	
11	25	26	3,258	0,038	0,169	0,038	0,224	
12	36	27	3,296	0,207	0,176	0,071	0,406	
13	10	29	3,367	0,383	0,192	0,216	1,127	
14	73	36	3,584	0,575	0,227	0,054	0,239	
15	17	38	3,638	0,801	0,322	0,653	2,026	
16	27	73	4,290	1,124				
TOTAL							5,275	3,225

3. Uji distribusi *Weibull*

Pengujian distribusi *weibull* untuk mendapatkan nilai α dan β . Hasil uji *Weibull* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji Distribusi *Weibull*

NO	Interval Kerusakan (Hari)	F(ti)	Xi	Yi	Xi ²	XiYi
1	9	0,04	-3,13	2,20	9,81	-6,88
2	10	0,10	-2,21	2,30	4,89	-5,09
3	10	0,16	-1,72	2,30	2,94	-3,95
4	11	0,23	-1,36	2,40	1,86	-3,27
5	13	0,29	-1,09	2,56	1,18	-2,78
6	16	0,35	-0,85	2,77	0,72	-2,36
7	17	0,41	-0,64	2,83	0,41	-1,82
8	18	0,47	-0,46	2,89	0,21	-1,32
9	21	0,53	-0,28	3,04	0,08	-0,85
10	25	0,59	-0,11	3,22	0,01	-0,36
11	26	0,65	0,06	3,26	0,00	0,18
12	27	0,71	0,22	3,30	0,05	0,73
13	29	0,77	0,40	3,37	0,16	1,34
14	36	0,84	0,59	3,58	0,35	2,11
15	38	0,90	0,82	3,64	0,67	2,98
16	73	0,96	1,15	4,29	1,32	4,93
Total			-8,62	47,96	24,67	-16,42

Usulan Ukuran Pemesanan Optimal Suku Cadangmesin *Grinding*
Berdasarkan Lajukerusakan Menggunakan Metode Q

Rekapitulasi nilai β dan θ dilampirkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Parameter Distribusi Weibull

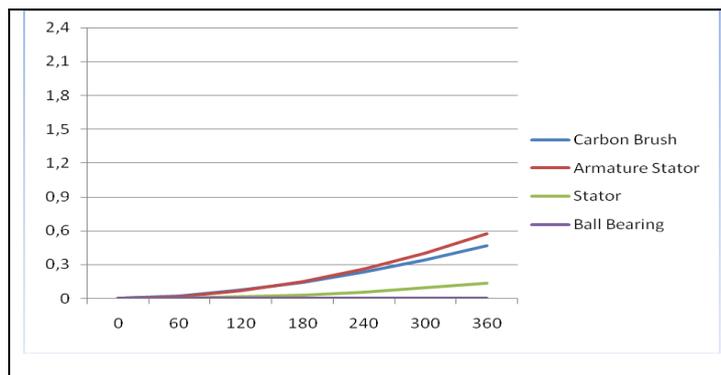
No	Komponen	β	θ
1	Carbon Brush	2,678	38,964
2	Armature rotor	2,940	37,565
3	Stator	3,092	53,457
4	Ball Bearing	3,114	129,742

4. Perhitungan laju kerusakan komponen kritis

Perhitungan laju kerusakan dilakukan untuk melihat seberapa besar laju kerusakan komponen selama selang perencanaan. Fungsi Keandalan dan Fungsi Laju Kerusakan terdapat pada Tabel 6 dan grafik laju kerusakan dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 6. Rekapitulasi Fungsi Keandalan dan Fungsi Laju Kerusakan

No	Komponen	Fungsi keandalan	Fungsi laju kerusakan
1	<i>Carbon Brush</i>	$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{38,964}\right)^{2,678}}$	$h(t) = \frac{2,678}{38,964} \left(\frac{t}{38,964}\right)^{2,678-1}$
2	<i>Armature rotor</i>	$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{37,565}\right)^{2,940}}$	$h(t) = \frac{2,940}{37,565} \left(\frac{t}{37,565}\right)^{2,940-1}$
3	<i>Stator</i>	$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{53,457}\right)^{3,092}}$	$h(t) = \frac{3,092}{53,457} \left(\frac{t}{53,457}\right)^{3,092-1}$
4	<i>Ball Bearing</i>	$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{129,742}\right)^{3,114}}$	$h(t) = \frac{3,114}{129,742} \left(\frac{t}{129,742}\right)^{3,114-1}$



Gambar 2 Grafik Laju Kerusakan

Rekapitulasi laju kerusakan $h(t)$ dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Laju Kerusakan Rata-Rata

No	Komponen	selangperencanaan (hari)	$h(t)$
1	<i>Carbon Brush</i>	0-360	0.467
2	Armature Stator	0-360	0.572
3	Stator	0-360	0.139
4	<i>Ball Bearing</i>	0-360	0.003

5. menghitung ekspektasi permintaan

Menghitung jumlah ekspektasi permintaan komponen kritis pada selang perencanaan penelitian. Perhitungan nilai ekspektasi permintaan komponen digunakan untuk menghitung nilai Q dan r . Rekapitulasi ekspektasi permintaan komponen dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Ekspektasi Demand

No	Komponen	selangperencanaan (hari)	DT (unit)	u (unit)
1	<i>Carbon Brush</i>	0-360	334	28
2	Armature Stator	0-360	641	53
3	Stator	0-360	433	36
4	<i>Ball Bearing</i>	0-360	69	6

6. Menghitung nilai pemesanan optimal (Q) dan *reorder point* (r)

Rekapitulasi jumlah pemesanan optimal (Q) dan nilai *reorder point* (r) untuk keempat komponen dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Jumlah Q dan r

No	Komponen	Selang perencanaan (hari)	Q (unit)	r (unit)	<i>safety stock</i> (unit)	Jumlah Komp. /Dus (unit)	Jumlah Pemesanan (dus)
1	<i>Carbon Brush</i>	0-360	198	33	5	10	20
2	Armature Stator		134	56	3	48	3
3	Stator		211	39	3	48	5
4	<i>Ball Bearing</i>		58	10	4	10	6

7. Perhitungan biaya total

Biaya total adalah biaya yang dibutuhkan atau yang akan dikeluarkan perusahaan pada saat pemesanan komponen sebesar Q yang telah dihitung sebelumnya untuk selang perencanaan 1 tahun (360 hari). Rekapitulasi biaya total setiap pemesanan komponen dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Rekapitulasi Biaya Total

No	Komponen	Intv (hari)	O_b (Rp)	O_p (Rp)	O_s (Rp)	O_s (Rp)	O_T (Rp)
1	Carbon Brush	0-360	13,364,000	506,061	935,680	28,393	14,834,133
2	Armature stator		38,458,000	1,435,075	1,607,200	6,901	41,507,176
3	Stator	0-360	15,825,000	615,639	651,000	3,109	17,094,748
4	Ball Bearing		11,501,400	356,897	749,628	8,582	12,616,506
TOTAL							86,052,563

5. ANALISIS

5.1 ANALISIS FUNGSI KEANDALAN dan LAJU KERUSAKAN

Fungsi keandalan pada setiap selang mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena laju kerusakan komponen dipengaruhi oleh waktu. Semakin besar waktu maka fungsi keandalan semakin rendah. Laju kerusakan pada setiap selang mengalami kenaikan, hal ini disebabkan karena laju kerusakan komponen dipengaruhi oleh waktu. Semakin besar waktu maka laju kerusakan semakin tinggi. Kenaikan laju kerusakan membuat ekspektasi demand dari setiap komponen juga cenderung naik.

5.2 ANALISIS JUMLAH PEMESANAN (Q) OPTIMAL dan *REORDER POINT* (r)

Jumlahpemesanankomponendipengaruhiolehpermintaanterhadapkomponenolehlajukerusakan.Perhitungan Q dan r dilakukan dengan menggunakan pendekatan *hadley* dan *whitin*. Nilai Q adalah lot size atau ukuran pemesanan dan r adalah *reorder point* atau titik pemesanan kembali. Pada metode Q pemesanan dilakukan apabila persediaan komponen telah menyentuh angka sebesar r maka dilakukan pemesanan sebesar Q . Perhitungan Q dan r dilakukan pada selang perencanaan. Pada Tabel 11 terdapat nilai Q dan r dan ekspektasi permintaan setiap komponen yang diteliti.

Rekapitulasi ekspektasi permintaan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Rekapitulasi ekspektasi permintaan, nilai Q dan r

<i>Safety Stock</i>	Pemesanan Optimal (unit)	<i>Reorder Point</i> (r)
5	198	33
3	134	56
3	211	39
4	58	10

5.3 ANALISIS JUMLAH Q dan r YANG DITERAPKAN PERUSAHAAN

Terjadi kekurangan komponen pada saat *lead time* untuk mesin gerinda setiap selang perencanaannya. Jika terjadi kekurangan komponen perusahaan akan kembali memesan komponen tersebut dengan perkiraan cukup hingga akhir periode, hal ini karena perusahaan mengabaikan laju kerusakan mesin gerinda tersebut. Semakin besar jumlah kebutuhan komponen maka semakin besar pula jumlah komponen yang harus disediakan perusahaan.

5.4 ANALISIS PERHITUNGAN TOTAL BIAYA

Total biaya merupakan penjumlahan seluruh biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk memenuhi persediaan komponen, mulai dari biaya pengadaan, biaya simpan dan biaya kekurangan persediaan.

Rekapitulasi biaya total penelitian dan perusahaan dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Perbandingan Biaya Total (*carbon brush*)

Komponen	Perusahaan	Penelitian
<i>Carbon Brush</i>	Rp13.600.000	Rp14.834.133
<i>Aramature Stator</i>	Rp55.104.000	Rp41.507.176
<i>Stator</i>	Rp18.000.000	Rp17.094.748
<i>Ball Bearing</i>	Rp5.679.000	Rp12.616.506
Total	Rp92.383.000	Rp86.052.563

Dari hasil penelitian, didapat biaya total tidak memiliki selisih biaya yang jauh dengan metode yang diterapkan perusahaan. Namun dengan model persediaan yang dilakukan peneliti ini, kecil kemungkinan bahwa mesin akan mengalami kekurangan persediaan komponen, maka semakin kecil pula kemungkinan mesin akan berhenti beroperasi. Sehingga kerugian perusahaan yang dikarenakan mesin yang berhenti beroperasi akan semakin rendah.

6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat berdasarkan penelitian adalah :

1. Jumlah pemesanan optimal dan *reorder point* hasil dari penelitian dengan selang perencanaan 0-360 hari untuk komponen *carbon brush* adalah 198 unit dan 28 *reorder point* sebesar unit. Untuk komponen *armature stator* jumlah pemesanan optimal adalah sebesar 134 unit dan *reorder point* sebesar 56 unit. Untuk komponen *stator* jumlah pemesanan optimal adalah sebesar 211 unit dan *reorder point* sebesar 39 unit. Sedangkan untuk komponen *ball bearing* jumlah pemesanan optimal adalah sebesar 58 unit dan *reorder point* sebesar 10 unit. Semakin lama umur mesin atau waktu penggunaan mesin maka akan semakin besar pula laju kerusakan sehingga ekspektasi permintaan kebutuhan komponen semakin besar.
2. Semakin lama umur mesin atau waktu penggunaan mesin maka akan semakin besar pula laju kerusakan sehingga ekspektasi permintaan kebutuhan komponen semakin besar.
3. Biaya total, jumlah biaya total untuk hasil penelitian lebih kecil dibandingkan dengan biaya total perusahaan saat ini.
4. Untuk periode kedepannya agar dapat dilakukan perhitungan laju kerusakan 8 mesin gerinda sebelum melakukan persediaan komponen.

REFERENSI

Ebeling, Charles E. 1997, *An Introduction to Reability and Mantainability Engineering*, Singapore: McGraw Hill.

Jardine. 1973, *Mantenece, Replacement and Reability*, Canada: Pittman Publishing Corporation.

Walpole, E. Ronald. 1995, *Ilmu Peluang Dan Statistika Untuk Insinyur Dan Ilmuan*, Edisi keempat, Bandung: Penerbit ITB.