Model Persediaan dengan Waktu Antar Kerusakan Berdistribusi Weibull Dua Parameter dan Fungsi Permintaan Kuadratik

by Laila Nafisah

MODEL PERSEDIAAN KOMPONEN DENGAN WAKTU ANTAR KERUSAKAN BERDISTRIBUSI WEIBULL DUA PARAMETER DAN FUNGSI PERMINTAAN KUADRATIK

Oleh :
Laila Nafisah
Dosen Tetap Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri - Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Email: laila.nafisah@yahoo.co.id

Abstrak

Sebuah industri manufaktur selalu membutuhkan ketersediaan mesin yang maksimal. Penggunaan mesin secara terus-menerus dalam memproduksi suatu barang dapat mengakibatkan mulai dari terjadinya penurunan kinerja mesin sampai dengan terjadinya kerusakan komponen pendukung dari mesin tersebut. Ada kalanya sebuah komponen dari suatu mesin mengalami kerusakan dan tidak dapat diperbaiki lagi (non repairable). Jika demikian, perusahaan harus dapat menentukan berapa jumlah komponen yang harus disediakan dan kapan perusahaan akan melakukan pemesanan komponen tersebut agar proses produksi berjalan dengan lancar dan total biaya persediaan minimal. Salah satu metode yang bisa diterapkan adalah metode yang didasari atas persamaan diferensial linier yang diakomodasikan dengan tingkat permintaan yang berbentuk persamaan kuadratik dan waktu antar kerusakan komponen berdistribusi weibull dua parameter, lalu mengubahnya ke dalam deret tak berhingga atau suku ke-n dan kemudian hasil optimalnya diperoleh dengan mendeferensialkan total biaya persediaannya secara parsial.

Kata kunci : *model persediaan, distribusi weibull dua parameter, tingkat permintaan kuadratik*

Pendahuluan

Pada industri manufaktur biasanya melakukan proses transformasi baik dari bahan mentah maupun barang setengah jadi menjadi suatu bentuk produk yang memiliki nilai tambah dan nilai guna bagi konsumen. Serangkaian proses transformasi tersebut diwujudkan dalam bentuk proses produksi yang membutuhkan berbagai macam mesin atau peralatan produksi yang sesuai dengan jenis produk yang dibuat. Mesin dan peralatan yang digunakan secara terus menerus dan seiring dengan waktu penggunaannya akan mengakibatkan berkurangnya performansi mesin dan semakin rendahnya nilai ekonomis. Oleh karena itu, harus selalu dijaga sedemikian rupa sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar. Beberapa usaha yang biasanya dilakukan untuk itu adalah melakukan tindakan pemeliharaan, perbaikan maupun tindakan penggantian komponen atau suku cadang dari mesin atau peralatan produksi tersebut. Jika hal ini tidak dilakukan kemungkinan dapat menyebabkan target produksi tidak tercapai akibat dari adanya kerusakan mesin yang mungkin timbul.

Tindakan penggantian komponen atau suku cadang dari suatu mesin yang mengalami kerusakan terbagi menjadi dua kelompok, yaitu yang bersifat *repairable* dan *non repairable*. Komponen *repairable* adalah komponen yang apabila rusak masih dapat diperbaiki lagi, sedangkan komponen *non repairable* komponen yang apabila rusak tidak dapat diperbaiki lagi dan menggantikannya dengan yang baru. Contoh yang termasuk komponen *non repairable* adalah komponen sil hidrolik, yaitu salah satu komponen mesin *injection* yang terbuat dari karet dan mempunyai fungsi untuk menutupi kebocoran pada piston. Komponen ini akan mengalami kerusakan karena mengalami pengenduran akibat beberapa lama waktu pemakaian yang ditandai dengan adanya kebocoran pada piston. Suatu mesin atau peralatan produksi harus bekerja secara seimbang dan berkesinambungan, karena keadaan operasi kerja mesin satu dengan lainnya akan saling berpengaruh. Jika ada salah satu mesin dalam serangkaian proses produksi mengalami kerusakan, maka akan mempengaruhi performansi mesin pada proses berikutnya, sedemikian rupa sehingga dapat mengakibatkan target produksi yang diinginkan tidak tercapai. Target produksi dapat berupa jumlah produk yang dihasilkan, *flow time manufacturing* yang dibutuhkan, maupun total biaya yang dikeluarkan. Untuk itu, seluruh sumberdaya yang dibutuhkan harus selalu tersedia setiap saat diperlukan, termasuk mengatur ketersediaan mesin agar proses produksi berjalan dengan lancar. Oleh karena itu, untuk menjamin agar mesin selalu berada pada posisi siap digunakan, maka seluruh komponen dalam mesin tersebut, khususnya untuk komponen yang bersifat *non repairable* harus selalu dalam posisi tersedia. Pengendalian persediaan komponen *non repairable* membutuhkan informasi tentang pola waktu antar kerusakan dari komponen tersebut agar dapat diketahui distribusi tingkat permintaan yang dibutuhkan.

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan jumlah komponen *non repairable* yang harus disediakan, berapa komponen yang harus dipesan ke supplier dan kapan melakukan pemesanan komponen sedemikian rupa sehingga total biaya persediaan minimal. Salah satu metode yang bisa diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah model persediaan yang didasari atas persamaan diferensial linier yang diakomodasikan dengan tingkat permintaan yang berbentuk persamaan kuadratik dan tingkat kerusakan komponen berdistribusi weibull dua parameter, lalu mengubahnya ke dalam deret tak berhingga atau suku ke-n dan kemudian hasil optimalnya diperoleh dengan mendeferensialkan total biaya persediaannya secara parsial. (S.K.Ghosh dan K.S Chaudhuri, 2004). Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menentukan jumlah komponen *non repairable* yang dipesan, menentukan periode pemesanan dan waktu siklus komponen agar total biaya persediaannya minimal.

Landasan Teori

Pada prinsipnya persediaan merupakan suatu sumber daya menganggur yang menunggu proses lebih lanjut. Proses lebih lanjut disini dapat berupa kegiatan produksi seperti dijumpai pada sistem manufaktur, kegiatan pemasaran seperti dijumpai pada sistem distribusi, atau kegiatan konsumsi seperti dijumpai pada sistem rumah tangga (Bahagia, 1993). Bila dikaji lebih jauh, timbulnya persediaan dalam sistem disebabkan oleh tidak sinkronnya antara jumlah yang diminta dengan tersedianya jumlah barang dan waktu penggunaannya. Dengan adanya persediaan, kapan saja ada permintaan maka akan dapat segera dipenuhi. Jika tidak ada persediaan, maka dalam memenuhi permintaan membutuhkan waktu baik untuk proses pembuatan maupun proses pengadaan. Hal ini menunjukkan bahwa adanya persediaan dalam suatu sistem merupakan kondisi yang sulit untuk dihindarkan. Oleh karena itu, adanya persediaan dimaksudkan untuk mengantisipasi fluktuasi permintaan, langkanya pasokan dan waktu tunggu barang yang dipesan.

Perusahaan yang melakukan kegiatan produksi (industri manufaktur) akan memiliki tiga jenis persediaan, yaitu persediaan bahan baku dan penolong, persediaan bahan setengah jadi dan persediaan barang jadi. Jika terjadi kelebihan persediaan dapat menyebabkan timbulnya biaya pemeliharaan/perawatan dan penyimpanan dalam gudang dan kemungkinan terjadinya penyusutan kualitas dari barang yang disimpan. Sebaliknya, jika terjadi kekurangan persediaan maka akan mengakibatkan hilangnya kesempatan untuk memperoleh keuntungan karena tidak dapat memenuhi permintaan konsumen atau dapat mengakibatkan terjadinya kemacetan dalam proses produksi karena tidak tersedianya bahan baku. Sistem pengendalian persediaan merupakan serangkaian kebijakan dan pengendalian yang memonitor tingkat persediaan dan menentukan tingkat persediaan yang harus dijaga, kapan persediaan harus diisi dan berapa besar pesanan yang harus dilakukan. Tujuan dari adanya sistem persediaan ini adalah untuk menetapkan dan menjamin tersedianya sumberdaya yang tepat, dalam kuantitas yang tepat dan pada waktu yang tepat yang dapat meminimasi total biaya persediaan.

Persediaan yang diadakan mulai dari bahan baku sampai barang jadi, antara lain berguna untuk

a) Menghilangkan resiko keterlambatan datangnya barang.
b) Menghilangkan resiko barang yang rusak.
c) Mempertahankan stabilitas operasi perusahaan.
d) Mencapai penggunaan mesin yang optimal.
e) Memberi pelayanan yang sebaik-baiknya bagi konsumen.

- Model Persediaan Berdistribusi Weibull Fungsi Permintaan Kuadratik

Model ini merupakan model persediaan untuk *single item* yang mengakomodasikan konsep permintaan yang mempunyai bentuk persamaan regresi dua variabel berupa persamaan kuadratik dimana penyediaan produk segera tersedia dan distribusi waktu antar kerusakan produknya membentuk distribusi weibull dua parameter (Ghosh, SK et al, 2004). Tujuan yang hendak dicapai adalah menentukan jumlah pemesanan, periode pemesanan dan waktu siklus produk yang optimal agar total biaya persediaannya menjadi minimal. Adapun notasi-notasi yang digunakan pada model persediaan ini adalah sebagai berikut:

C_1 : biaya simpan persediaan per unit per satuan waktu.
C_2 : biaya pemesanan per satuan pesan.
C_3 : harga per unit.
q_0 : ukuran persediaan awal.
$R(t)$: tingkat permintaan saat kapan saja t $\geq$ 0.
T : waktu siklus.
K : konstanta (0 ! K ! 1).
t_1 : waktu selama tidak terjadi kekurangan persediaan (0 ! t_1 ! T).
$Z(t)$: Fungsi tingkat kerusakan yang mengikuti distribusi weibull 2 parameter
$= \alpha\beta t^{\beta-1}$, dimana α = skala parameter dan β = bentuk parameter.
T^* : nilai T optimal.
q_{0^*} : nilai q_0 optimal
t_{1^*} : nilai t_1 optimal
K^* : nilai K optimal

Asumsi yang digunakan dalam model ini adalah

a) Tingkat permintaan $R(t)$ deterministik secara kuadratik terhadap waktu, yaitu $R(t) = a + bt + ct^2$, dimana a, b, dan c adalah konstanta dengan $a \geq 0$, $b \neq 0$, $c \neq 0$.

a merupakan laju permintaan awal dan b merupakan tren positif dari permintaan

b) Kekurangan persediaan tidak diijinkan
c) Unit yang dipesan akan datang serentak pada saat pemesanan dilakukan (*lead time* nol)
d) Biaya pesan, biaya simpan, biaya kekurangan persediaan tetap
e) Distribusi waktu antar kerusakan mengikuti distribusi weibull 2 parameter

- Formulasi dan solusi

Status saat tingkat persediaan $q(t)$ pada waktu t ditentukan dengan persamaan diferensial

$$\frac{dq(t)}{dt} + q(t).Z(t) = -(a + bt + ct^2), \qquad 0 \le t \le t_1 \qquad (1)$$

dengan $q(0) = q_0$ dan $q(t_1) = 0$ dan

$$\frac{dq(t)}{dt} = -(a + bt + ct^2) \qquad t_1 \le t \le T \qquad (2)$$

Tingkat kerusakan $Z(t)$ berdistribusi Weibull 2 parameter, yaitu :

$$Z(t) = \alpha\beta t^{\beta-1} \quad , \alpha > 0,\ \beta > 0,\ t > 0 \qquad (3)$$

Berdasarkan persamaan (1) dan persamaan (3)

$$\frac{dq}{dt} + q.\alpha\beta t^{\beta-1} = -(a + bt + ct^2) \qquad 0 \le t \le t_1 \qquad (4)$$

Berikut ini persamaan diferensial linear biasa pada orde pertama dan faktor integrasinya adalah

$= \exp\{\alpha\beta \int t^{\beta-1}\, dt\} = \exp\{\alpha t^\beta\}$

kedua ruas dari persamaan (4) dikalikan dengan $\exp\left\{\alpha t^\beta\right\}$ dan integrasikan terhadap $[0,t]$, maka

$$q.\exp\left\{\alpha t^\beta\right\} - q_0 = -\int_0^t (a + bt + ct^2).\exp\left\{\alpha t^\beta\right\} dt \qquad 0 \le t \le t_1 \qquad (5)$$

jika $q(t_1) = 0$, maka persamaan (5) menjadi

$$q_0 = \int_0^t (a + bt + ct^2)\ \exp\left\{\alpha t^\beta\right\} dt \qquad (6)$$

Subtitusikan persamaan (5) ke persamaan (6), sehingga menjadi

$$q(t) = \frac{\int_0^{t_1} (a + bt + ct^2)\exp\left\{\alpha t^\beta\right\}dt - \int_0^t (a + bt + ct^2)\exp\left\{\alpha t^\beta\right\}dt}{\exp\left\{\alpha t^\beta\right\}}, 0 \le t \le t_1 \qquad (7)$$

Solusi dari persamaan (2) adalah

$$q(t) = a(t_1 - t) + \frac{b}{2}(t_1^2 - t^2) + \frac{c}{3}(t_1^3 - t^3), \qquad t_1 \le t \le T \qquad (8)$$

Tingkat persediaan saat $t \in [0,T]$,

$$q(t) = \frac{\int_0^{t_1} (a + bt + ct^2)\exp\left\{\alpha t^\beta\right\}dt - \int_0^t (a + bt + ct^2)\exp\left\{\alpha t^\beta\right\}dt}{\exp\left\{\alpha t^\beta\right\}}, 0 \le t \le t_1$$

$$= a(t_1 - t) + \frac{b}{2}(t_1^2 - t^2) + \frac{c}{3}(t_1^3 - t^3), \qquad t_1 \le t \le T \qquad (9)$$

Tingkat persediaan pada awal siklus harus memenuhi total permintaan adalah

$$\int_0^t (a + bt + ct^2)\, dt = .a.t_1 + \frac{1}{2}.b.t_1^2 + \frac{1}{3}.ct_1^3$$

Jumlah total unit yang kerusakan adalah

$$q_0 - \int_0^t (a + bt + ct^2)\, dt = q_0 - a.t_1 - \frac{1}{2}.b.t_1^2 - \frac{1}{3}.ct_1^3$$

Ubah persamaan (7) dalam bentuk deret tak hingga dan integralkan sehingga diperoleh

$$q_0 = a\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\alpha^n t_1^{n\beta+1}}{(n\beta+1)n!} + b\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\alpha^n t_1^{n\beta+2}}{(n\beta+2)n!} + c\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\alpha^n t_1^{n\beta+3}}{(n\beta+3)n!} \tag{10}$$

Rata-rata biaya simpan persediaan dalam selang waktu $(0,t_1)$ adalah

$$=\frac{1}{2}\frac{C_1}{T}q_0 t_1 \tag{11}$$

Rata-rata biaya pemesanannya adalah

$$=\frac{C_2}{T} \tag{12}$$

Rata-rata biaya per unitnya adalah

$$=\frac{C_3}{T}(q_0 - at_1 - \frac{1}{2}bt_1^2 - \frac{1}{3}ct_1^3) \tag{13}$$

Total biaya persediaan (TC) per satuan waktu adalah

$$TC = \frac{1}{2}\frac{C_1}{T}q_0 t_1 + \frac{C_2}{T} + \frac{C_3}{T}(q_0 - at_1 - \frac{1}{2}bt_1^2 - \frac{1}{3}ct_1^3) \tag{14}$$

Periode pemesanan kembali merupakan bagian dari waktu siklus, maka

$$t_1 = KT,\ 0 < K < 1 \tag{15}$$

Substitusikan persamaan (15) dan (8) ke persamaan (14), sehingga menjadi

$$TC = \left(\frac{C_3 a}{T} + \frac{1}{2}C_1 Ka\right)\int_0^{KT}\exp\{\alpha t^{\beta}\}dt + \left(\frac{C_3 b}{T} + \frac{1}{2}C_1 Kb\right)\int_0^{KT} t\exp\{\alpha t^{\beta}\}dt +$$

$$\left(\frac{C_3 c}{T} + \frac{1}{2}C_1 Kc\right)\int_0^{KT} t^2 \exp\{\alpha t^{\beta}\}dt - C_3 aK - \frac{1}{2}C_3 bK^2 T - \frac{1}{3}C_3 cK^3 T^2 + \frac{C_2}{T} \tag{16}$$

Merubah persamaan di atas ke bentuk eksponensial pada deret tak terbatas dan mengintegralkannya suku demi suku, diperoleh

$$TC = \left(\frac{C_3 a}{T} + \frac{1}{2}C_1 Ka\right)\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\alpha^n (KT)^{n\beta+1}}{(n\beta+1)n!} + \left(\frac{C_3 b}{T} + \frac{1}{2}C_1 Kb\right)\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\alpha^n (KT)^{n\beta+2}}{(n\beta+2)n!}$$

$$+\left(\frac{C_3 c}{T} + \frac{1}{2}C_1 Kc\right)\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\alpha^n (KT)^{n\beta+3}}{(n\beta+3)n!} + \frac{C_2}{T} \tag{17}$$

Untuk mendapatkan T^* deferensialkan persamaan (17) terhadap T sedemikian sehingga $\frac{\partial}{\partial T}(TC) = 0$,

$$C_3 a\sum_{n=0}^{\infty}\frac{n\beta}{n\beta+1}\frac{\alpha^n (KT)^{n\beta+1}}{n!} + C_3 b\sum_{n=0}^{\infty}\frac{n\beta+1}{n\beta+2}\frac{\alpha^n (KT)^{n\beta+2}}{n!} +$$

$$C_3 c\sum_{n=0}^{\infty}\frac{n\beta+2}{n\beta+3}\frac{\alpha^n (KT)^{n\beta+3}}{n!} + \frac{1}{2}C_1 a\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\alpha^n (KT)^{n\beta+2}}{n!} + \frac{1}{2}C_1 b\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\alpha^n (KT)^{n\beta+3}}{n!} +$$

$$\frac{1}{2}C_1 c\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\alpha^n (KT)^{n\beta+4}}{n!} - \frac{1}{2}C_3 bK^2 T^2 - \frac{2}{3}C_3 cK^3 T^3 - C_2 = 0 \tag{18}$$

Metodologi Pemecahan Masalah

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan pendekatan pemecahan permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Mengestimasi persamaan regresi dua variabel berdasarkan pada data permintaan.
2. Melakukan uji distribusi waktu antar kerusakan komponen
3. Menentukan jumlah pemesanan, periode pemesanan, waktu siklus dan total biaya persediaan komponen yang aktual pada perusahaan.
4. Menentukan waktu siklus optimal, T^*, dengan menggunakan persamaan (18)
5. Menentukan periode pemesanan yang optimal, t_1^*, dengan menggunakan persamaan (15)
6. Menentukan jumlah pemesanan komponen yang optimal dengan menggunakan persamaan (10)
7. Menentukan total biaya minimum yang ditimbulkan dengan menggunakan persamaan (14)

Perhitungan Numerik

a. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data permintaan komponen, waktu antar kerusakan komponen, harga komponen, biaya pemesanan, dan biaya simpan.

Tabel 1. Data Permintaan Komponen Sil Hidrolik

Pemesanan ke-	Tanggal Order	Kuantitas (*pieces*)
1	13-Feb-06	10
2	2-Jun-06	10
3	30-Oct-06	15
4	23-Apr-07	15
5	22-Oct-07	20

Tabel 2. Data Waktu Antar Kerusakan Komponen Sil Hidrolik

No	Tanggal Kerusakan	Umur Komponen (hari)	No	Tanggal Kerusakan	Umur Komponen (hari)
1	21-Jan-06	14	34	2-Apr-07	10
2	31-Jan-06	9	35	12-Apr-07	10
3	10-Feb-06	10	36	20-Apr-07	8
4	27-Feb-06	15	37	11-May-07	19
5	13-Mar-06	13	38	26-May-07	14
6	25-Mar-06	12	39	14-Jun-07	17
7	14-Apr-06	18	40	27-Jun-07	12
8	25-Apr-06	10	41	11-Jul-07	13
9	3-May-06	8	42	28-Jul-07	16
10	13-May-06	10	43	7-Aug-07	9
11	31-May-06	16	44	17-Aug-07	11
12	7-Jun-06	7	45	25-Aug-07	8
13	22-Jun-06	14	46	12-Sep-07	16
14	8-Jul-06	15	47	21-Sep-07	9
15	20-Jul-06	11	48	2-Oct-07	10
16	10-Aug-06	19	49	12-Oct-07	10
17	25-Aug-06	14	50	19-Oct-07	7
18	16-Sep-06	20	51	10-Nov-07	20
19	30-Sep-06	13	52	27-Nov-07	15
20	9-Oct-06	8	53	11-Dec-07	13
21	17-Oct-06	8	54	24-Dec-07	13
22	27-Oct-06	10	55	5-Jan-08	12
23	14-Nov-06	16	56	22-Jan-08	14
24	28-Nov-06	13	57	9-Feb-08	17
25	13-Dec-06	14	58	21-Feb-08	11
26	28-Dec-06	14	59	13-Mar-08	19
27	9-Jan-07	10	60	28-Mar-08	14
28	17-Jan-07	8	61	7-Apr-08	9
29	26-Jan-07	9	62	18-Apr-08	11

30	9-Feb-07	13	63	28-Apr-08	9
31	22-Feb-07	12	64	15-May-08	16
32	6-Mar-07	11	65	29-May-08	13
33	22-Mar-07	15	-	-	-

Tabel 3. Data Posisi Persediaan Komponen Sil Hidrolik selama 29 Bulan

No	Bulan	Jumlah Kerusakan	Persediaan	Sisa	Jumlah Pemesanan
1	06-Jan-06	2	3	1	10
2	Februari	2	11	9	
3	Maret	2	9	7	
4	April	2	7	5	
5	Mei	3	5	2	10
6	Juni	2	12	10	
7	Juli	2	10	8	
8	Agustus	2	8	6	
9	September	2	6	4	
10	Oktober	3	4	1	15
11	November	2	16	14	
12	Desember	2	14	12	
13	Januari 2007	3	12	9	
14	Februari	2	9	7	
15	Maret	2	7	5	
16	April	3	5	2	15
17	Mei	2	17	15	
18	Juni	2	15	13	
19	Juli	2	13	11	
20	Agustus	3	11	8	
21	September	2	8	6	
22	Oktober	3	6	3	20
23	November	2	23	21	
24	Desember	2	21	19	
25	Januari 2008	2	19	17	
26	Februari	2	17	15	
27	Maret	2	15	13	
28	April	3	13	10	
29	Mei	2	10	8	

Tabel 4 Data Komponen Biaya Persediaan selama 29 Bulan

Komponen Biaya	Rp.
Biaya Pembelian per unit	Rp 50.00,-
Total biaya pembelian selama 29 bulan	Rp 3.500.000,-

Total biaya pesan selama 29 bulan	Rp 35.880.000,-
Biaya simpan per unit	Rp 50,-
Total biaya persediaan selama 29 bulan	**Rp 39.380.050,-**

b. Pengolahan Data

a) Hasil estimasi persamaan berdasarkan data permintaan diperoleh persamaan kuadratik $Y = 0{,}13X^2 + 0{,}8X + 2{,}5$

b) Uji distribusi waktu antar kerusakan komponen berdistribusi Weibull 2 parameter, dengan menggunakan bantuan program *ReliaSoft WEIBULL* ++ dengan nilai parameter $\eta = 13{,}8$ dan $\beta = 4{,}3$

c) Rata-rata jumlah pemesanan per sekali pesan = 14 unit.

d) Rata-rata waktu siklus = 5 bulan

e) Total biaya persediaan selama 29 bulan = 39.380.030,-

f) Menentukan waktu siklus optimal, T^*, periode pemesanan yang optimal, t_1^*, nilai K (faktor pengali) dan jumlah pemesanan yang ekonomis, q_0^*, agar total biaya persediaannya ,TC*, minimal.

Nilai $t_1 = KT$ dan interval nilai K bergerak dari 0 < K < 1. Sebagai contoh untuk nilai K yang mempunyai interval antara 0,5 – 0,65 dengan menggunakan persamaan (18) dan didapat nilai-nilai seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai K pada interval antara 0,5 – 0,65

K	T	t_1	q_0	TC
0.5	1.3	0.65	3	30814921
0.55	1.18	0.65	3	33957761
0.56	1.16	0.65	3	34537674
0.57	1.14	0.65	3	35.141.710,-
0.58	1.12	0.65	3	35.771.162,-
0.59	1.1	0.65	3	36.427.416,-
0.6	**1.1**	**0.66**	**3**	**36.319.642,-**
0.61	1.08	0.66	3	37.004.221,-
0.62	1.07	0.66	3	37.303.626,-
0.63	1.05	0.66	3	38.033.722,-
0.64	1.04	0.67	3	38.356.821,-
0.65	1.03	0.67	3	38.688.242,-

Nilai optimal pada TC* sebesar Rp. 36.319.642,- nilai K* = 0,6 , $t_1^* = 0{,}66$, $q_0^* = 3$

Perhitungan secara rinci mengenai total biaya persediaan yang timbulkan selama 29 bulan adalah sebagai berikut :

Biaya simpan = $\frac{1}{2}\frac{C_1}{T}q_0t_1 = \frac{50\times 3\times 0{,}66}{2\times 1{,}1}$ = Rp 45,-

Biaya pemesanan = $\frac{C_2}{T} = \frac{Rp35.880.000,-}{1{,}1}$ = Rp 32.618.182,-

Biaya pembelian

$= \frac{C_3}{T}(q_0 - at_1 - \frac{1}{2}bt_1^2 - \frac{1}{3}ct_1^3)$

$= \frac{50.000}{6.78}$ (3 – 1.89 – 0.23 – 0.018) = Rp 3.701.415,-/bulan.

Total biaya persediaan selama 29 bulan adalah Rp 36.319.642,-

c. **Analisa Hasil**

Perbandingan hasil dengan metode pendekatan masalah dari perusahaan dengan model usulan dapat dilihat pada tabel 6. Pada tabel 6 terlihat bahwa model usulan memberikan penghematan sebesar Rp 3.060.408,- atau sebesar 7,77%.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Analisis Metode Perusahaan dan Model Usulan

Keterangan	Metode Perusahaan	Model Usulan
Jumlah Pemesanan	14 unit	3 unit
Periode Pemesanan selama 29 bulan	Kurang dari 5 bulan	0.66 bulan ≈ 20 hari
Waktu Siklus	5 bulan	1.1 bulan
Total Biaya Persediaan	Rp 39.380.050,-	Rp 36.319.642,-

Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil disimpulkan bahwa pengendalian persediaan terhadap komponen sil hidrolik dengan menggunakan model usulan memberikan penghematan sebesar 7,77% dibandingkan dengan metode pengendalian persediaan yang selama ini digunakan oleh perusahaan. Dari model usulan dihasilkan biaya paling minimum sebesar Rp 36.319.642,- dengan jumlah komponen sil hidrolik yang dipesan sebanyak 3 unit, periode pemesanan setiap 20 hari dengan waktu siklus selama 33 hari.

Daftar Pustaka

1. Elsayed, E A and Boucher, 1994, *Analysis and Control of Production Systems*, Prentice Hall Int. Inc., 2nd ed., USA
2. Ghosh , S.Ket and Chauduri, K.S, 2004, An Order-level Inventory Model For A Deteriorating Item With Weibull Distribution Deterioration, Time-QuadraticDemand and Shortages, *AMO - Advanced Modeling and Optimation*, Volume 6, Number 1, India
3. Tersine, Richard J., 1994, *Principles of Inventory and Materials Management*, Prentice Hall Int. Inc., 4nd ed., USA.

Model Persediaan dengan Waktu Antar Kerusakan Berdistribusi Weibull Dua Parameter dan Fungsi Permintaan Kuadratik

ORIGINALITY REPORT

3%	%	1%	3%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	1%
2	Submitted to Royal Holloway and Bedford New College Student Paper	1%
3	Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya Student Paper	<1%
4	Submitted to Universitas Airlangga Student Paper	<1%
5	Submitted to University of Newcastle upon Tyne Student Paper	<1%
6	A. Reski Sanjaya. S, St Habibah St Habibah. "Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Tebu Dalam Pembuatan Gula Pasir di Pabrik Gula Bone Arasoe", Jurnal Ilmiah Al-Tsarwah, 2019 Publication	<1%