

Usulan Jumlah Teknisi *Maintenance* Mesin Menggunakan Model Antrean dengan Kriteria Minimasi Ekspektasi Total Ongkos*

Irnando Handiko Putra, Susy Susanty, Fifi Herni M.

Jurusan Teknik Industri ITENAS

Email: niko.elyasir@yahoo.com

ABSTRAK

Fasilitas produksi memegang peranan penting dalam menentukan kondisi produk sehingga perawatan fasilitas perlu direncanakan. Beberapa tahun terakhir, PT. Agroplast tidak mencapai target produksi karena mesin yang sering off. Penggunaan mesin secara terus menerus membuat mesin seringkali mengalami kerusakan. Oleh karena itu, perlu direncanakan ketersediaan teknisi maintenance agar performansi mesin tetap terjaga. Bila jumlah teknisi kurang, maka mesin menunggu cukup lama untuk diperbaiki sebaliknya bila berlebih, maka akan ada teknisi menganggur. Hal ini dapat dipecahkan dengan model antrean. Jumlah mesin yang akan mengantre untuk diperbaiki telah diketahui secara pasti sehingga model antrean yang paling cocok adalah M/M/s/N=7 dengan sumber input terbatas. Berdasarkan hasil pengolahan data, jumlah teknisi yang paling optimal pada PT. Agroplast adalah sebanyak 2 orang teknisi dengan ekspektasi total cost sebesar Rp.135.037,13/jam.

Kata kunci: maintenance, antrean, ongkos total

ABSTRACT

Production facilities have important role in determining the condition of the product, so that facilities treatment should be planned well. In recent years, PT. Agroplast not achieve production targets because the engine is often off. Using machines production continuously makes them damaged oftentimes. Therefore, it is necessary to plan the availability of maintenance technicians in order to maintain engine performance. If the number of technicians is less, then the engine just long enough to be fixed, otherwise there will be unemployed technician. This can be solved by the queue model line. The machine will be fixed in line to have known for certain, so that the most suitable queue model is M/M/s/N=7 with limited input source. Based on data processing results, the optimal number of technicians in the PT. Agroplast are 2 technicians with a total expected cost about Rp.135.037, 13/hour.

Key word: maintenance, queue, total cost

* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan produktivitas dan penggunaan teknologi tinggi berupa mesin dan fasilitas produksi membuat kebutuhan akan fungsi perawatan semakin bertambah untuk menjaga kelancaran proses produksi. Fasilitas produksi, khususnya mesin-mesin produksi memegang peranan penting dalam menentukan kualitas produk. PT. Agronesia Divisi Industri Plastik (Agroplast) memiliki tiga belas mesin untuk menunjang jalannya kegiatan produksi. Mesin-mesin tersebut antara lain 1 unit mesin *illig* untuk memproduksi kemasan plastik berupa cup, 5 unit mesin *injection* dan 4 unit mesin *blowing* untuk memproduksi kemasan botol, 1 unit mesin ASB yang didukung oleh fasilitas khusus untuk memenuhi kebutuhan dan standar persyaratan produk farmasi dan kosmetika dan 2 unit mesin *Crusher* untuk daur ulang. Untuk menjaga performansi mesin-mesin tersebut, maka perlu dilakukan perencanaan perawatan mesin.

Saat ini PT. Agronesia Divisi Industri Plastik (Agroplast) memiliki satu orang teknisi. Ketika mesin-mesin produksi dalam kondisi yang baik, teknisi terkesan menganggur karena sedikitnya pekerjaan yang dapat dikerjakan. Namun, ketika terjadi permasalahan pada mesin produksi, teknisi terlihat kewalahan terutama saat beberapa mesin mengalami kerusakan pada waktu yang bersamaan. Hal ini terjadi karena waktu kerusakan mesin bersifat probabilistik.

Kondisi tersebut sangat merugikan perusahaan karena perusahaan harus menggaji teknisi yang menganggur. Selain itu, perusahaan akan kehilangan peluang untuk menghasilkan produk karena mesin yang rusak harus menunggu untuk diperbaiki. Hal ini akan berdampak pada pencapaian target produksi sehingga perusahaan akan mengalami kerugian akibat kehilangan peluang untuk memenuhi permintaan. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk menentukan jumlah teknisi *maintenance* yang optimal dengan kriteria minimisasi ekspektasi total ongkos.

2. PERMASALAHAN

Dalam beberapa tahun terakhir efektivitas produksi botol plastik dinilai menurun. Hal ini terjadi karena hasil produksi tidak mencapai target penjualan yang telah direncanakan. Salah satu faktor yang mempengaruhi tidak tercapainya target produksi adalah kondisi mesin yang sering *off* (tidak produktif). Penggunaan mesin secara terus menerus membuat kinerja mesin menjadi menurun dan seringkali mengalami kerusakan. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan perawatan mesin, salah satunya dengan mengoptimalkan jumlah teknisi *maintenance* agar performansi mesin-mesin produksi tetap terjaga baik.

Salah satu cara untuk menentukan jumlah teknisi *maintenance* yang optimal adalah menggunakan model antrean. Apabila teknisi dianalogikan sebagai *server* yang memberikan pelayanan dan mesin-mesin produksi dianalogikan sebagai pelanggan yang menunggu untuk dilayani, maka waktu menunggu mesin untuk diperbaiki dapat diperkirakan. Dengan kata lain model antrean mampu merepresentasikan hubungan antara jumlah teknisi dan lama waktu menunggu mesin untuk diperbaiki. Apabila aspek ongkos teknisi dan ongkos akibat mesin menunggu diperbaiki diketahui, maka jumlah teknisi *maintenance* yang optimal dapat ditentukan dengan kriteria minimisasi total ongkos.

Mesin-mesin produksi yang mungkin akan menunggu untuk diperbaiki telah diketahui secara pasti yaitu 1 unit mesin *illig*, 5 unit mesin *injection*, 4 unit mesin *blowing*, 1 unit mesin ASB dan 2 unit mesin *Crusher*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa jumlah populasi

maksimum yang akan masuk kedalam sistem antrean dapat diketahui sehingga panjang garis antrean dapat dihitung. Oleh karena itu model antrean yang paling cocok untuk penelitian adalah antrean dengan sumber *input* terbatas.

3. METODE PENELITIAN

3.1 METODE PEMECAHAN MASALAH

Langkah-langkah penelitian antara lain mengumpulkan data kerusakan mesin dan lama waktu perbaikan, melakukan uji keseragaman rata-rata data dengan teknik ANOVA, melakukan uji distribusi data dengan *kolmogorov-smirnov test*, memilih model antrean yang sesuai berdasarkan karakteristik data, menghitung parameter antrean dan menghitung jumlah teknisi optimal. Berdasarkan kondisi perusahaan dan kriteria data pengamatan yang diperoleh di lapangan, maka metode penelitian yang paling sesuai untuk memecahkan permasalahan adalah metode antrean M/M/s/N=7 dengan sumber input terbatas.

3.2 STUDI LITERATUR

Studi literatur yang digunakan antara lain teori probabilitas dan mengenai antrean. Teori probabilitas digunakan untuk menguji distribusi keseragaman data sedangkan teori antrean digunakan untuk menghitung ukuran performansi untuk setiap keputusan yang diambil.

3.3 PENGUMPULAN DATA

Data-data yang dibutuhkan untuk menentukan jumlah teknisi *maintenance* yang optimal menggunakan metode antrean adalah sebagai berikut:

1. Data Terjadinya Kerusakan dan Data Waktu Lama Perbaikan.

Informasi tentang jumlah kerusakan dan perbaikan diperoleh dari laporan kegiatan *maintenance* mesin PT. Agronesia Divisi Industri Plastik bulan April 2006 hingga September 2012. Pada laporan kegiatan ini tercantum lamanya perbaikan, tanggal kerusakan, tanggal perbaikan dan keterangan kerusakan. Jumlah kerusakan mesin merupakan akumulasi jumlah mesin yang ditangani teknisi *maintenance* dalam periode waktu tertentu (tiga bulan) sedangkan waktu perbaikan merupakan konversi waktu efektif perbaikan mesin kedalam satuan jam. Dengan memanfaatkan dua informasi ini, maka akan diperoleh rata-rata kecepatan kerusakan mesin persatuan waktu (λ) dan rata-rata kecepatan perbaikan mesin persatuan waktu (μ) untuk menghitung ukuran performansi antrean.

2. Data Ongkos Teknisi *Maintenance* (C_s)

Data ongkos ini merupakan gaji yang diterima teknisi *maintenance* per jam.

3. Data Ongkos Menunggu (C_w)

Ongkos menunggu merupakan ongkos yang terjadi karena perusahaan mengalami kerugian akibat sumber daya yang tidak produktif sehingga target produksi tidak terpenuhi (*loss sell*). Data yang digunakan adalah harga jual produk dan kapasitas produksi produk perjam yang diperoleh dari data target produksi perusahaan.

3.4 PENGOLAHAN DATA

Langkah-langkah pengolahan data antara lain:

1. Pengujian keseragaman rata-rata waktu kerusakan mesin dan rata-rata waktu lamanya perbaikan mesin untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan harga rata-rata dari masing-masing sampel data kerusakan mesin dan data lamanya perbaikan.
2. Pengujian Distribusi Data Jumlah Kerusakan Mesin Dan Lamanya Perbaikan memiliki suatu distribusi teoritik tertentu. Uji ini dilakukan untuk menentukan model antrean yang paling sesuai pada penelitian.

3. Perhitungan Ukuran Performansi Antrean, antara lain kemungkinan tepat n mesin dalam sistem antrean(P_o), ekspektasi jumlah mesin dalam sistem antrean(L_s), ekspektasi jumlah mesin yang sedang mengantre (L_q), waktu tunggu yang dialami oleh setiap mesin di dalam sistem antrean(W_s) dan waktu tunggu yang dialami oleh setiap mesin dalam antrean (W_q).
4. Penentuan Jumlah Teknisi *Maintenance* Optimal dengan memanfaatkan model biaya

3.5 ANALISIS

Setelah memperoleh ukuran performansi sistem, dilakukan analisis terhadap model yang digunakan dan analisis hasil pengolahan data yang terdiri dari analisis perbandingan dan analisis sensitivitas terhadap parameter-parameter yang mempengaruhi solusi optimal. Analisis perbandingan bertujuan untuk membandingkan antara jumlah teknisi *maintenance* pada saat ini dengan jumlah teknisi *maintenance* yang optimal. Analisis sensitivitas ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan parameter terhadap model yang digunakan. Parameter-parameter tersebut antara lain rata-rata jumlah kerusakan mesin perjam (λ), rata-rata jumlah mesin yang diperbaiki perjam (μ), kenaikan ongkos teknisi *maintenance*, perubahan ongkos menunggu.

3.6 KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis dari hasil pengolahan data, dapat ditarik kesimpulan mengenai permasalahan yang dihadapi perusahaan. Setelah itu diberikan saran untuk perusahaan dalam menyelesaikan persoalan yang dihadapi dengan menggunakan metode yang lebih baik.

4. PROSES PENGUMPULAN DATA

4.1 DATA TERJADINYA KERUSAKAN DAN DATA LAMA WAKTU PERBAIKAN

Informasi tentang kejadian kerusakan dan lama waktu perbaikan diperoleh dari laporan kegiatan *maintenance* mesin PT. Agronesia Divisi Industri Plastik. Jumlah kerusakan merupakan akumulasi jumlah mesin yang ditangani teknisi *maintenance* pada periode waktu tertentu sedangkan waktu perbaikan merupakan konversi waktu efektif perbaikan mesin kedalam satuan jam. Dengan memanfaatkan dua informasi ini, maka akan diperoleh rata-rata kecepatan kerusakan mesin persatuan waktu (λ) dan rata-rata kecepatan perbaikan mesin persatuan waktu (μ). Rekapitulasi total kerusakan dan total waktu perbaikan setiap mesin produksi terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Total Kerusakan dan Total Waktu Perbaikan Setiap Mesin

Mesin	Total Kerusakan yang Ditangani Periode April/06-Sep/12		Total Waktu Perbaikan Periode April/06-Sep/12	
	(Mesin)	(Mesin)	(Menit)	(Jam)
Injection (1)	80	80	7845	130.750
Injection (2)	82	82	8274	137.900
Injection (3)	80	80	7725	128.750
Blowing (1)	86	86	10200	170.000
Blowing (2)	77	77	7960	132.667
Blowing (3)	80	80	8930	148.833
Blowing (4)	83	83	9385	156.417
Jumlah	568	568	60319	1005.317
Rata-Rata	0.038	0.038	106.195	1.769

4.2 DATA ONGKOS TEKNISI MAINTENANCE (CS)

Untuk menghitung jumlah teknisi yang optimal pada PT. Agronesia Divisi Industri Plastik (Agroplast), maka diperlukan beberapa informasi ongkos teknisi *maintenance* perusahaan sebagai berikut:

1. Gaji Pokok : Rp. 1.250.000,00 / bulan
2. 1 bulan : 24 hari kerja
3. 1 hari : 8 jam kerja

Dengan memanfaatkan informasi yang ada, maka diperoleh ongkos teknisi *maintenance* per orang per satuan waktu sebagai berikut:

$$C_s = \frac{\text{Rp. 1.250.000,00/bulan}}{24\text{hari/bulan}} = \text{Rp. 52.083,333 /hari}$$
$$= \frac{\text{Rp. 52.083,333 / hari}}{8 \text{ jam / hari}} = \text{Rp. 6.510,417 /jam}$$

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa ongkos teknisi *maintenance* per satuan waktu (C_s) pada PT. Agronesia Divisi Industri Plastik adalah Rp. 6.510,417 /jam/orang.

4.3 DATA ONGKOS MENUNGGU (CW)

Ongkos menunggu didefinisikan sebagai keuntungan yang gagal diperoleh perusahaan karena tidak terpenuhinya permintaan. Untuk menghitung jumlah ongkos menunggu, perlu informasi target produksi tahun 2012 yang terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2.Target Produksi Tahun 2012

Target Produksi Tahun 2012			
Jenis Produk	Target Prod (<i>Pack</i>)	Jumlah / <i>Pack</i>	Harga / <i>Pcs</i>
Botol 0.3L	151200	100Pcs	300
Botol 0.6L	151200	100Pcs	450
Botol 1.5L	126000	100Pcs	600

PT. Agronesia Divisi Industri Plastik memiliki 3 *shift* kerja setiap harinya dengan 8 jam kerja per *shift*. Dengan kata lain proses produksi berlangsung 24 jam perhari dan 7 hari kerja perminggu kecuali hari libur nasional. Berdasarkan informasi tersebut maka dapat diketahui kapasitas produksi botol 0.3L, 0.6L dan 1.5L perjam berturut-turut sebesar 18.75 *pack*/jam, 18.75 *pack*/jam dan 15.625 *pack*/jam. Satu *pack* produk berisi 100 *pcs* botol dengan harga jual yang bervariasi yaitu Rp.300,- untuk botol 0.3L, Rp.450,- untuk botol 0.6L, dan Rp.600,- untuk botol 1.5L dengan rata-rata keuntungan 20% dari harga jual produk.

Berdasarkan informasi diatas, apabila diasumsikan setiap mesin memiliki kontribusi yang sama dalam menghasilkan produk, maka keuntungan yang gagal diperoleh perusahaan apabila kerusakan tidak segera diperbaiki adalah sebesar Rp.66.964,28 /jam/mesin.

5. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Setelah memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian, selanjutnya dilakukan pengujian data antara lain uji keseragaman rata-rata (ANOVA) dan uji distribusi data. Apabila data telah memenuhi syarat, maka langkah selanjutnya adalah pemilihan model antrean yang sesuai dan perhitungan jumlah teknisi optimal dengan kriteria minimasi ekspektasi total ongkos.

5.1 PENGUJIAN KESERAGAMAN RATA-RATA WAKTU KERUSAKAN MESIN DAN RATA-RATA WAKTU LAMANYA PERBAIKAN MESIN

Pada penelitian uji keseragaman rata-rata dilakukan dengan teknik *analysis of variance*. Hasil uji keseragaman rata-rata data kejadian kerusakan terdapat pada Tabel 3 dan uji keseragaman rata-rata data lama waktu perbaikan terdapat pada Tabel 4.

Tabel 3. Perhitungan ANOVA Kejadian Kerusakan Mesin

Sumber Variansi	DK	SS	SS ²	F _{Hitung}
Treatment	6	1,879	0,313	
Error	175	403,462	2,305	0,136
Total	181	405,341	-	

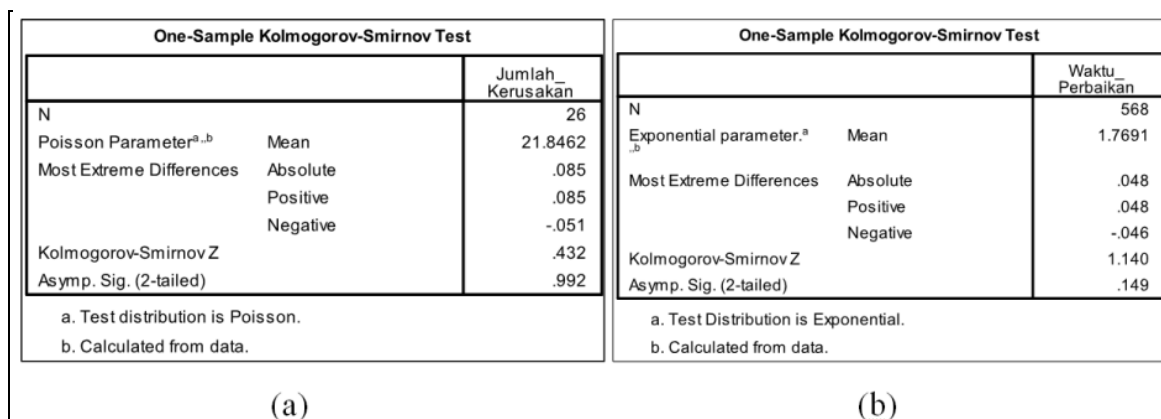
Tabel 4. Perhitungan ANOVA Waktu Lama Perbaikan Mesin

Sumber Variansi	DK	SS	SS ²	F _{Hitung}
Treatment	6	9,846	1,631	
Error	561	1819,509	3,243	0,506
Total	567	1829,354	-	

Hasil uji keseragaman rata-rata dengan teknik *analysis of variance* dilihat dengan cara membandingkan nilai signifikansi F_{hitung} dengan nilai F_{tabel} . Terima H_0 jika $F_{hitung} < F_{tabel}$. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data rata-rata jumlah kerusakan seragam, begitu juga dengan rata-rata data waktu perbaikan mesin.

5.2 PENGUJIAN DISTRIBUSI DATA JUMLAH KERUSAKAN MESIN DAN LAMANYA PERBAIKAN

Pada penelitian, uji distribusi data yang digunakan adalah *Kolmogorov-Smirnov Test* dengan bantuan *software* SPSS 17. Hasil perhitungan uji *Kolmogorov-Smirnov Test* terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Output SPSS 17

Gambar 1a adalah uji distribusi data jumlah kerusakan (poisson) dan Gambar 1b adalah uji distribusi data waktu kerusakan (eksponensial). Hasil pengujian dengan SPSS 17 dilihat dengan cara membandingkan nilai signifikansi (*Asymp. Sig*) dengan nilai taraf nyata yang telah ditetapkan sebesar 0,05.

Terima H_0 jika $Asymp.Sig >$ Taraf Nyata. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data Jumlah kerusakan berdistribusi poisson dan data waktu perbaikan mesin berdistribusi eksponensial karena nilai signifikansi lebih besar dari nilai taraf nyata.

5.3 PERHITUNGAN UKURAN PERFORMANSI ANTREAN

Apabila data-data yang dikumpulkan terbukti seragam dengan uji *analysis of variance* serta hasil uji kebaikan suai distribusi data menunjukkan indikasi bahwa jumlah kerusakan mesin dan data lama perbaikan berdistribusi sesuai dengan model yang ada, maka ukuran performansi antrean dapat dihitung karena telah memenuhi kriteria dasar penggunaan model. Dengan demikian ukuran performansi yang diperoleh diharapkan mampu memberikan solusi yang optimal untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi perusahaan. Ukuran performansi antrean terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Ukuran Performansi Antrean

Parameter	Jumlah Teknisi						
	1	2	3	4	5	6	7
P0	0,57	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
P1	0,27	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,63
P2	0,11	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,63
P3	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,63
P4	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63
P5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63
P6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63
P7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63
$\bar{\lambda}$	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Lq	0,22	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wq	0,91	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ls	0,65	0,45	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Ws	2,68	1,82	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77

5.4 PENENTUAN JUMLAH TEKNISI MAINTENANCE OPTIMAL

Setelah melakukan perhitungan ukuran performansi antrean menggunakan model yang sesuai, maka ekspektasi total ongkos untuk masing-masing jumlah teknisi *maintenance* yang optimal dapat dihitung. Ongkos total ini didapatkan dari kombinasi ongkos teknisi *maintenance* dan ongkos *loss oportinity* akibat mesin menunggu. Jumlah teknisi *maintenance* yang optimal ditentukan berdasarkan ongkos total minimum dimana ongkos tersebut merupakan titik keseimbangan antara ongkos pelayanan dengan ongkos menunggu. Total ongkos terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Total Ongkos

S	S.Cs	Ws	Ws.CWs	Total
1	Rp. 6.510,42	2,681	Rp. 179.562,04	Rp. 186.072,46
2	Rp. 13.020,83	1,822	Rp. 122.016,29	Rp. 135.037,13
3	Rp. 19.531,25	1,772	Rp. 118.653,39	Rp. 138.184,64
4	Rp. 26.041,67	1,769	Rp. 118.475,14	Rp. 144.516,81
5	Rp. 32.552,09	1,769	Rp. 118.468,76	Rp. 151.020,84
6	Rp. 39.062,50	1,769	Rp. 118.468,63	Rp. 157.531,13
7	Rp. 45.572,92	1,769	Rp. 118.468,62	Rp. 164.041,54

5.5 ANALISIS TERHADAP MODEL YANG DIGUNAKAN

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah $M/M/s/N=7$, model antrean dengan sumber *input* terbatas. Jumlah populasi yang mungkin akan mengantre sudah diketahui secara pasti yaitu 3 mesin *injection* dan 4 mesin *blowing*. Berdasarkan hasil uji kebaikan suai distribusi, data kejadian kerusakan mesin berdistribusi poisson dan data lama waktu perbaikan berdistribusi eksponensial. Data-data yang dikumpulkan pun terbukti seragam karena lolos uji *analysis of variance*. Dengan demikian model antrean yang digunakan pada penelitian ini sudah tepat karena telah memenuhi kriteria dasar penggunaan model sehingga ukuran performansi yang diperoleh diharapkan mampu memberikan solusi yang optimal untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi perusahaan.

5.6 ANALISIS IMPLEMENTASI HASIL PENELITIAN PADA PERUSAHAAN

Pada penelitian tugas akhir ini, pemilihan jumlah teknisi *maintenance* optimal didasarkan kepada pendekatan *total cost* minimum. Ada dua faktor ongkos yang mempengaruhi solusi optimal yaitu ongkos teknisi dan angkos akibat tidak terpenuhinya permintaan (*loss Sell*). Ongkos teknisi perjam sebesar Rp. 6.510,- dan perkiraan kerugian akibat *loss sell* perjam sebesar Rp. 66.964,28. Terdapat perbedaan nilai yang cukup signifikan antara ongkos teknisi dan ongkos akibat *loss sell*.

Jumlah teknisi *maintenance* yang ada pada PT. Agronesia Divisi Industri Plastik (Agroplast) saat ini adalah satu orang. Berdasarkan hasil pengolahan data yang terdapat pada Tabel 4.10, jumlah teknisi yang ada saat ini tidak optimal. Hal ini disebabkan oleh tingginya *total cost* akibat kurangnya teknisi yang menangani mesin produksi. Agar *total cost* menjadi optimal perusahaan harus memiliki 2 orang teknisi *maintenance* dengan estimasi ongkos sebesar Rp. 135.037,13 perjam.

Penambahan jumlah teknisi *maintenance* pada PT. Agronesia Divisi Industri Plastik (Agroplast) akan menyebabkan probabilitas teknisi yang menganggur semakin bertambah. Pada penelitian, teknisi *maintenance* hanya menangani 7 mesin saja sehingga diperoleh rata-rata kecepatan kerusakan adalah 0,038 mesin/jam dengan rata-rata waktu perbaikan 1,769 jam/mesin. Namun, saat ini teknisi menangani 13 mesin produksi. Apabila diasumsikan rata-rata kecepatan kerusakan 6 mesin lainnya sama besar, maka diperoleh rata-rata jumlah kerusakan keseluruhan adalah 0,076 mesin/jam. Dengan kata lain, kerusakan hanya terjadi 1 kali dalam 13,15 jam atau teknisi hanya menangani 2 kerusakan dalam 3 hari.

Berdasarkan perhitungan di atas proporsi menganggur teknisi cukup besar. Namun, kerugian yang akan ditanggung perusahaan akibat *loss sell* lebih tinggi daripada membayar sejumlah teknisi. Hal ini terjadi karena perbedaan nilai yang cukup signifikan antara ongkos teknisi dan perkiraan kerugian akibat *loss sell*. Disamping itu, pola kerusakan mesin bersifat probabilistik. Pada waktu-waktu tertentu mesin produksi dapat mengalami kerusakan secara bersamaan.

Persentase penurunan *total cost* dengan memperkerjakan 2 orang teknisi adalah sebesar:

$$\frac{\text{Total Cost Awal} - \text{Total Cost Baru}}{\text{Total Cost Awal}} \times 100\% \\ \frac{(186.072,46 - 135.037,13)}{186.072,46} \times 100\% = 27,42\%$$

Persentase penurunan *total cost* dengan mempekerjakan 2 orang teknisi cukup signifikan yaitu 27,42% lebih kecil dari kondisi awal. Oleh karena itu sebaiknya perusahaan menambah teknisi perawatan mesin untuk mempercepat penanganan kerusakan mesin.

5.7 ANALISIS SENSITIVITAS

Analisis sensitivitas bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan parameter antrean terhadap solusi optimal penelitian. Parameter-parameter yang mempengaruhi hasil penelitian tersebut antara lain rata-rata kecepatan kerusakan mesin, rata-rata kecepatan perbaikan mesin, ongkos teknisi *maintenance* dan ongkos menunggu. Perubahan nilai parameter-parameter tersebut akan menyebabkan solusi optimal berubah. Rekapitulasi hasil perhitungan analisis sensitivitas dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Analisis Sensitivitas

No.	Parameter		Persentase Perubahan	Jumlah <i>Server</i> Optimal	<i>Total Cost</i>
1.	Rata-Rata Kecepatan Kerusakan	Bertambah	49,2%	3	Rp.138.545,59
		Berkurang	87%	1	Rp.131.398,32
2.	Rata-Rata Kecepatan Perbaikan	Bertambah	182%	1	Rp.55.105,94
		Berkurang	24,3%	3	Rp.176.549,65
3.	Ongkos Teknisi <i>Maintenance</i>	Bertambah	790%	1	Rp.237.504,75
		Berkurang	48%	3	Rp.128.672,92
4.	Ongkos Menunggu	Bertambah	95%	3	Rp.350.904,36
		Berkurang	89%	1	Rp.26.262,24

Apabila ditinjau dari besarnya persentase perubahan pada Tabel 5.9, maka parameter yang paling sensitif terhadap perubahan solusi optimal adalah penurunan nilai parameter rata-rata jumlah mesin mesin diperbaiki (μ) dan ongkos teknisi *maintenance* (C_s). Kedua parameter tersebut memiliki persentase perubahan yang relatif kecil dibandingkan parameter lainnya. Namun, dalam melakukan analisis terhadap kesensitifan suatu parameter, perlu dipertimbangkan juga kondisi aktual perusahaan.

Berdasarkan kondisi perusahaan saat dilakukan penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa parameter yang paling sensitif terhadap perubahan dan mempengaruhi solusi optimal adalah rata-rata jumlah mesin diperbaiki (μ). Disamping persentase perubahannya kecil, perusahaan dianggap mampu untuk meningkatkan *skill* teknisi dalam waktu dekat dengan mengadakan pelatihan sehingga nilai parameter (μ) dapat berubah. Sedangkan parameter lainnya tidak mungkin mengalami perubahan dengan dengan mempertimbangkan kondisi perusahaan saat ini dan beberapa tahun kedepan.

6. KESIMPULAN

6.1 KESIMPULAN

Setelah melakukan pengolahan data dan menganalisa permasalahan yang ada, beberapa hal yang dapat disimpulkan mengenai penelitian antara lain:

1. Rata-rata kecepatan kerusakan mesin-mesin produksi botol plastik adalah 0,038 mesin/jam.
2. Rata-rata lama waktu perbaikan 1 unit mesin adalah 1,769 jam.

3. Data kerusakan mesin berdistribusi poisson dan data waktu perbaikan mesin berdistribusi eksponensial.
4. Model antrean yang digunakan dalam penelitian adalah $M/M/s/N=7$, model dengan sumber *input* terbatas.
5. Jumlah teknisi *maintenance* yang optimal adalah 2 orang dengan estimasi total ongkos sebesar Rp. 135.037,13/jam.
6. Parameter yang paling sensitif terhadap perubahan dan mempengaruhi solusi optimal adalah rata-rata jumlah mesin diperbaiki (μ)

6.2 SARAN

Saran bagi perusahaan untuk menyelesaikan persoalan yang dihadapi antara lain:

1. Perusahaan sebaiknya mempekerjakan 2 orang teknisi *maintenance* untuk menangani kerusakan mesin-mesin produksi.
2. Perusahaan sebaiknya menverifikasi ulang penjadwalan kegiatan perawatan mesin.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperhitungkan semua fasilitas mesin produksi dengan memperhitungkan komponen biaya secara menyeluruh dan spesifik.

REFERENSI

Hakim, Arman N. (2005), *Manajemen Industri*. Andi, Yogyakarta.

Heizer, Jay, dan Render, Barry. (2006), *Manajemen Operasi*. Edisi Ketujuh. Salemba Empat, Jakarta.

Hillier, F. S. dan Lieberman, G. I. (1995), *Introduction to Operations Research (Sixth Edition)*. Holden Day, Inc. San Francisco.

Sulistyo, S. J. (2010), *6 hari jago SPSS 17*, PT. Bhuana Ilmu Komputer, Jakarta.

Taha, Hamdy A. (2007), *Operations Research an Introduction*. Eight Edition. Pearson Prentice-Hall, Inc, USA.

Walpole, R. E. dan Raymond H. M. (1995), *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*, Edisi 4, Macmilan Publishing Company, New York.