

Prosiding



INDONESIAN
STATISTICAL
ANALYSIS
CONFERENCE



INDONESIAN STATISTICAL ANALYSIS CONFERENCE — 2014 —



Kata Pengantar

Salam sejahtera. Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan dan dengan rasa bangga, Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan (UNPAR) kembali menyelenggarakan *Indonesian Statistical Analysis Conference (ISAC)*, setelah sukses dilaksanakan untuk pertama kalinya pada tahun 2013 lalu. ISAC 2014 merupakan ajang bertemu dan bertukar pengetahuan dari peneliti, akademisi, maupun praktisi yang mengembangkan dan menerapkan ilmu statistika. Salah satu tujuan dari kegiatan seminar ini adalah menginformasikan kepada masyarakat mengenai manfaat statistika sebagai ilmu dan teknik analisis terapan dalam pemecahan berbagai masalah, khususnya permasalahan di bidang industri. Di samping itu, ISAC juga diharapkan dapat menjadi jembatan penghubung antara komunitas akademik dan praktisi di bidang statistika, sehingga kerjasama antara kedua pihak dapat terjalin lebih erat.

Saya, mewakili Jurusan Teknik Industri UNPAR, mengucapkan selamat datang dan menyambut hangat seluruh peserta seminar. Pada tahun ini, ISAC yang penyelenggaraannya juga terangkai dengan kegiatan *International Statistics Competition for Engineering Students (ISCE)*, mengusung tema *Statistics Applications in Supply Chains: Enhancing Global Competitiveness*. Dengan tema tersebut, kami berharap para peserta akan banyak berfokus pada penerapan ilmu statistika di dalam permasalahan rantai pasok yang menjadi modal dasar dalam meningkatkan keunggulan global.

Pada kesempatan ini, saya ucapkan terima kasih kepada UNPAR yang telah memberikan dukungan dan menyediakan berbagai fasilitas untuk terselenggaranya kegiatan seminar ini. Secara khusus, saya haturkan terima kasih dan apresiasi setinggi-tingginya kepada seluruh anggota panitia ISAC 2014, baik panitia dosen maupun mahasiswa, yang telah bekerja keras demi kelangsungan acara ini. Tanpa mereka, kegiatan ISAC 2014 tidak akan dapat terselenggara. Kepada para sponsor dan pihak-pihak lain yang telah memberikan dukungan dan bantuan, tak lupa saya ucapkan terima kasih. Atas dukungan yang amat berharga dari mereka, ISAC 2014 telah dimungkinkan berlangsung dengan baik.

Akhir kata, saya ucapkan selamat berseminar! Semoga ISAC 2014 dapat memberikan banyak manfaat kepada seluruh peserta di dalam mengembangkan dan menerapkan ilmu statistika.

Bandung, 22 November 2014

Dr. Thedy Yogasara, ST, M.EngSc
Ketua ISCE dan ISAC 2014

Kata Pengantar

Salam sejahtera. Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan dan dengan rasa bangga, Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan (UNPAR) kembali menyelenggarakan *Indonesian Statistical Analysis Conference (ISAC)*, setelah sukses dilaksanakan untuk pertama kalinya pada tahun 2013 lalu. ISAC 2014 merupakan ajang bertemu dan bertukar pengetahuan dari peneliti, akademisi, maupun praktisi yang mengembangkan dan menerapkan ilmu statistika. Salah satu tujuan dari kegiatan seminar ini adalah menginformasikan kepada masyarakat mengenai manfaat statistika sebagai ilmu dan teknik analisis terapan dalam pemecahan berbagai masalah, khususnya permasalahan di bidang industri. Di samping itu, ISAC juga diharapkan dapat menjadi jembatan penghubung antara komunitas akademik dan praktisi di bidang statistika, sehingga kerjasama antara kedua pihak dapat terjalin lebih erat.

Saya, mewakili Jurusan Teknik Industri UNPAR, mengucapkan selamat datang dan menyambut hangat seluruh peserta seminar. Pada tahun ini, ISAC yang penyelenggaraannya juga terangkai dengan kegiatan *International Statistics Competition for Engineering Students (ISCE)*, mengusung tema *Statistics Applications in Supply Chains: Enhancing Global Competitiveness*. Dengan tema tersebut, kami berharap para peserta akan banyak berfokus pada penerapan ilmu statistika di dalam permasalahan rantai pasok yang menjadi modal dasar dalam meningkatkan keunggulan global.

Pada kesempatan ini, saya ucapkan terima kasih kepada UNPAR yang telah memberikan dukungan dan menyediakan berbagai fasilitas untuk terselenggaranya kegiatan seminar ini. Secara khusus, saya haturkan terima kasih dan apresiasi setinggi-tingginya kepada seluruh anggota panitia ISAC 2014, baik panitia dosen maupun mahasiswa, yang telah bekerja keras demi kelangsungan acara ini. Tanpa mereka, kegiatan ISAC 2014 tidak akan dapat terselenggara. Kepada para sponsor dan pihak-pihak lain yang telah memberikan dukungan dan bantuan, tak lupa saya ucapkan terima kasih. Atas dukungan yang amat berharga dari mereka, ISAC 2014 telah dimungkinkan berlangsung dengan baik.

Akhir kata, saya ucapkan selamat berseminar! Semoga ISAC 2014 dapat memberikan banyak manfaat kepada seluruh peserta di dalam mengembangkan dan menerapkan ilmu statistika.

Bandung, 22 November 2014

Dr. Thedy Yogasara, ST, M.EngSc
Ketua ISCE dan ISAC 2014

2nd Indonesian Statistical Analysis Conference (ISAC 2014)
*“ Statistics Applications in Supply Chains:
Enhancing Global Competitiveness”*

Kegiatan ISAC 2014 adalah salah satu wujud komitmen Jurusan Teknik Industri (TI) Universitas Katolik Parahyangan (UNPAR) dalam mengemban Tri Darma Perguruan Tinggi. Melalui kegiatan seminar ini, Jurusan TI UNPAR bermaksud menumbuhkan kesadaran di masyarakat tentang pentingnya ilmu Statistika Rekayasa dan Statistika Terapan sebagai alat bantu analisis dan penyelesaian masalah, khususnya permasalahan di industri.

ISAC 2014 merupakan seminar nasional keilmuan Statistika dalam bentuk keynote speech, diskusi panel, presentasi makalah, dan *workshop software* simulasi. Kegiatan seminar ini merupakan yang kedua kalinya setelah sukses diselenggarakan pada tahun 2013 lalu. ISAC akan menjadi ajang bertemu dan bertukar pikiran para akademisi dan praktisi yang banyak terlibat dalam pemanfaatan ilmu Statistika.

Visi dari ISAC adalah menjadi pelopor seminar statistika yang terkemuka di Indonesia dan di area regional. Sedangkan misi dari ISAC adalah memajukan ilmu Statistika dan Statistika Terapan sebagai alat untuk meningkatkan kemampuan bersama dalam mengembangkan keunggulan global.

Daftar Isi

<i>2nd Indonesian Statistical Analysis Conference (ISAC 2014)</i>	hal i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Model Causal - Loop Diagram Pertumbuhan Daya Tarik Perguruan Tinggi Petrus S. Murdapa	1
Aplikasi Failure Mode and Effect Analysis Sebagai Upaya Pengendalian Kualitas Produk Di PT. XX Prayonne Adi	11
Usulan Pengendalian Persediaan untuk Mengurangi Biaya Total Persediaan dengan Pendekatan Metode Periodic Review (R,S,S) Power Approximation pada Suku Cadang Consumable (Studi Kasus: Job Pertamina Talisman Jambi Merang) Adhi Putra M., Muhammad Nashir A., Efrata Denny S. Y	27
Perancangan Kemasan Karton Box di Unit Packaging, PT. XY Indonesia, Cikarang Anastasia L. Maukar, Andira, Jaenudin Basari	39
Pemanfaatan Exhaust Mesin Air Compressor Sebagai Energi Alternatif untuk Menjalankan Mesin Tampo Print Anastasia L. Maukar, Andira, Shodiq	51
Analisis Resiko Pendistribusian Gas Elpiji 3kg Menggunakan Var pada Pertamina Unit Pemasaran-III Jawa Barat Hendra Permana, Suharyanto, Akhmad Sutoni	61
Analisis Simulasi Penentuan Kapasitas Efektif Bagian Penerimaan Bahan Baku (Studi Kasus PT. Sunan Rubber Palembang) David Johannes, Achmad Alfian	73
Penentuan Jumlah Operator Proses Packing dengan Metode Work Sampling (Studi Kasus PT. Sunan Rubber Palembang) Boni Sulaiman, Achmad Alfian	79
Usulan Strategi Peningkatan Kualitas Pelayanan pada Jurusan Teknik Industri FT UMJ Meri Prasetyawati, Wiwik Sudarwati	87

Perawatan Terencana: Penjadwalan Interval Waktu Pembersihan <i>Nozzle</i> dan Penggantian <i>Nozzle Heater</i> Pada Mesin <i>Automatic Injection Molding E-110B</i> (Studi Kasus: Perusahaan Guna Plast)	hal 211
Wilson Kosasih, Ahmad, Wenti Nurtanti	
Analisis Waktu Kerja Standar Teknisi pada Perawatan Motor Yamaha Ymjet-F1	219
Heru Winarno, Farid Wajdi	
Evaluasi Performansi Model <i>Vendor Managed Inventory</i> dengan Banyak <i>Retailer</i> yang Mempertimbangkan Permintaan Probabilistik	223
Stefanie Lestari Julianto, Carles Sitompul, Alfian	
Upaya Peningkatan Produktivitas Kinerja Lingkungan dengan Pendekatan <i>Green Productivity</i> pada Pabrik Kelapa Sawit PT. Mopoli Raya	231
Muhammad, Anwar, Adriana, Bakhtiar	
Perencanaan Produksi yang Optimal Menggunakan Metode <i>Goal Programming</i> (Studi Kasus: CV. Jafar Furniture Lhokseumawe)	239
Muhammad, Anwar, Endryatman Yuftha	

DEWAN REDAKSI

Penanggungjawab

Catharina B. Nawangpalupi
Ketua Jurusan Teknik Industri
Universitas Katolik Parahyangan

Penyunting

Yani Herawati

Mitra Bestari

Alfian
Cynthia P. Juwono
Carles Sitompul
Hanky Fransiscus
Romy Loice
Sani Susanto
Y.M. Kinley Aritonang

Desain *Cover*

Devianatika Yuniari

Perawatan Terencana: Penjadwalan Interval Waktu Pembersihan Nozzle dan Penggantian Nozzle Heater Pada Mesin Automatic Injection Molding E-110B (Studi Kasus: Perusahaan Guna Plast)

Wilson Kosasih^{1*}, Ahmad², Wenti Nurtanti³

^{1,2}Staf Pengajar Program Studi Teknik Industri Universitas Tarumanagara, Jakarta

³Alumni Program Studi Teknik Industri Universitas Tarumanagara, Jakarta

email:wilsonk@ft.untar.ac.id¹; wenti.92@gmail.com³

Abstrak

Perusahaan Guna Plast merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi plastik. Permasalahan yang dihadapi di lini produksi adalah belum adanya aktivitas *maintenance* yang terencana dengan baik pada mesin *automatic injection molding* E-110B, terutama komponen kritisnya yakni *nozzle*. Hal ini membuat *nozzle* tersumbat dan juga keandalan *nozzle heater* menjadi tidak stabil. Oleh sebab itu, makalah ini membahas dan mengkaji penentuan waktu yang tepat melakukan pembersihan *nozzle* yang ditetapkan berdasarkan biaya terendah, dan waktu penggantian *nozzle heater* dengan tujuan meminimasi *downtime* yang terjadi. Berdasarkan perhitungan data historis distribusi kegagalan dan analisis terhadap pelbagai perbaikan yang diimplementasikan, didapatkan interval waktu pembersihan optimal untuk *nozzle* adalah setiap 307,74 jam dengan lama waktu pembersihan 1,08 jam, sedangkan interval penggantian untuk *nozzle heater* didapatkan setiap 489 jam dengan waktu penggantian 0,5 jam. Penghematan biaya ekspektasi dalam melakukan pembersihan *nozzle* dan penggantian *nozzle heater* berturut-turut sebesar 62,45

Kata Kunci: penjadwalan, pembersihan *nozzle*, penggantian *nozzle heater*, penghematan biaya, *downtime*

1 Pendahuluan

Pemeliharaan ataupun perawatan komponen mesin merupakan suatu tindakan yang perlu dilakukan untuk menjaga kondisi mesin agar berjalan dengan baik dan menghasilkan produk yang berkualitas. Perusahaan Guna Plast merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi plastik. Untuk menunjang lini produksi, keterawatan mesin *automatic injection molding* E-110B sangatlah penting. Pada mesin tersebut terdapat komponen *nozzle* yang sering dilakukan tindakan pembersihan. Hal itu dilakukan karena *nozzle* mengalami kemampuan sehingga tidak bekerja dengan baik dan membuat adanya produk cacat. Namun selama ini pembersihan dilakukan ketika komponen telah mengalami *breakdown*. Selain itu, juga

sering dilakukan penggantian komponen *nozzle heater*. *Nozzle heater* diganti saat komponen ini tidak dapat berfungsi lagi. Hal itu sebenarnya tidaklah efektif karena dengan penggantian yang tidak terjadwal menyebabkan keandalan mesin menurun bahkan, membuat lini produksi terhenti. Oleh karena itu, fokus penelitian ini adalah kedua komponen tersebut pada mesin *automatic injection molding* E-110 B. Tujuan dari penelitian yaitu penentuan waktu yang tepat melakukan pembersihan *nozzle* yang ditetapkan berdasarkan biaya terendah; dan penentuan waktu penggantian *nozzle heater* dengan tujuan meminimasi *downtime* yang terjadi. Maka daripada itu, pada makalah ini akan dibahas mengenai distribusi kerusakan komponen *nozzle* dan *nozzle heater*, jadwal pembersihan preventif *nozzle* dan jadwal penggantian preventif *nozzle heater* yang efektif, jumlah persediaan kompo-

*Korespondensi Penulis

nen *nozzle heater* yang optimal, serta perbandingan biaya sebelum dan sesudah penerapan aktivitas *maintenance* tersebut.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Perawatan

Menurut Supandi (1999, pp. 25-26), perawatan adalah suatu konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan agar tetap dapat berfungsi dengan baik seperti dalam kondisi sebelumnya. Kebijakan perawatan secara umum dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu pencegahan (*preventive maintenance*) dan perbaikan (*corrective maintenance*). Menurut Supandi (1999, pp. 27-28), perawatan pencegahan dimaksudkan juga untuk mengefektifkan pekerjaan inspeksi, perbaikan kecil, pembersihan, penggantian komponen yang rusak, pelumasan, dan penyetulan sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi dapat terhindar dari kerusakan. Perawatan ini bertujuan untuk mencegah kerusakan, menemukan penyebab kerusakan atau berkurangnya tingkat keandalan peralatan dan menemukan kerusakan tersembunyi. Sedangkan, perawatan korektif adalah pekerjaan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi mesin sehingga mencapai standar yang dapat diterima. Dalam perbaikan dapat dilakukan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik.

2.2 Identifikasi Distribusi dan Uji Goodness-of Fit

Distribusi ini merupakan ekspresi matematis usia dan pola kerusakan mesin atau peralatan. Terdapat 4 (empat) jenis distribusi kerusakan yang sering digunakan yaitu distribusi Weibull, distribusi Eksponensial, distribusi Normal, dan distribusi Lognormal. Untuk dapat mengetahui jenis distribusi kerusakan maka dilakukan uji *Goodness of Fit*. Uji ini dilakukan dengan membandingkan antara hipotesis nol (H_0) yang menyatakan bahwa data kerusakan mengikuti distribusi pilihan dan hipotesis alternatif (H_1) yang menyatakan bahwa data kerusakan tidak mengikuti distribusi pilihan. Ada dua jenis uji *Goodness of Fit* yaitu uji umum (*general test*) dan uji khusus (*specific tests*). Uji umum yaitu uji *Chi-Square* sedangkan uji khusus terdiri dari *Bartlett's*

Test untuk distribusi eksponensial; *Manns Test* untuk distribusi Weibull; *Kolmogorov-Smirnov Test* untuk distribusi Normal dan Lognormal; *Anderson Darling* untuk distribusi Weibull, *Exponential*, Normal, Lognormal. *Anderson Darling Test* ini cocok digunakan untuk mengetahui distribusi dari data sampel. Uji ini merupakan modifikasi dari *Kolmogorov Smirnov (K-S) Test*, yang telah diboboti. *Anderson Darling Test* dapat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak statistik.

2.3 Penentuan Biaya Perawatan Setelah Mesin Breakdown

Biaya perbaikan yang dilakukan saat mesin mengalami *breakdown* (TC_r) dapat dihitung dengan membagi biaya reparasi semua mesin (N) dengan jumlah satuan waktu rata-rata mesin mengalami kerusakan sebagai berikut:

$$TC_r = \frac{N}{\sum_{i=1}^j iP_i} \times Cr \quad (1)$$

Dimana,

Cr = biaya perawatan setelah mesin *breakdown*;
 i = interval waktu (satuan waktu); P_i = peluang kerusakan pada interval waktu.

2.4 Penentuan Waktu Perawatan Preventif dengan Biaya Terendah

Perhitungan biaya perawatan preventif di dalamnya terdapat unsur biaya reparasi. Hal ini dikarenakan meskipun telah mendapatkan perawatan preventif, sebuah komponen atau fasilitas masih mungkin mengalami kerusakan dalam selang waktu T_p (waktu antar 2 perawatan preventif). Penentuan waktu perawatan preventif diambil dari biaya terendah dalam melakukan perawatan preventif. Dalam melakukan perawatan preventif maka tahapan awal yang perlu dilakukan yaitu perhitungan jumlah kerusakan yang diperkirakan (B_n), dimana n adalah periode waktu perawatan. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$B_n = N \sum_i P_n + B_{(n-1)}P_1 + B_{(n-2)}P_2 + B_{(n-3)}P_3 + \dots + B_1 P_{(n-1)} \quad (2)$$

Dimana,

N = jumlah mesin dalam kelompok; P_n = probabilitas mesin rusak dalam periode n .

Menentukan rata-rata kerusakan per satuan waktu (B):

$$B = \frac{B_n}{n} \quad (3)$$

Tabel 7: Perbandingan Biaya Sebelum dan Sesudah Pembersihan Preventif

Kebijakan Pembersihan Sebelum Preventif	Kebijakan Pembersihan Setelah Preventif
Biaya Ekspektasi Kebijakan setiap minggu yaitu Rp 9.223,92	Biaya Ekspektasi Kebijakan setiap 2,23 minggu yaitu Rp 7.401,75
Dalam satu bulan terdapat 4 kali pembersihan dengan biaya ekspektasi Rp 36.895,68	Dalam 1 bulan terdapat 1,79 kali, dibulatkan menjadi 2 kali pembersihan dengan biaya ekspektasi sebesar Rp 14.803,50
Rata-rata waktu pembersihan yaitu 1,45 jam	Rata-rata waktu pembersihan yaitu 1,08 jam
Waktu produksi dua buah tutup kipas pompa 30 detik, dengan keuntungan per buah Rp 222,19	Waktu produksi dua buah tutup kipas pompa 30 detik, dengan keuntungan per buah Rp 222,19
Biaya disebabkan <i>downtime losses</i> saat pembersihan setiap bulan yaitu Rp 309.288,48	Biaya disebabkan <i>downtime losses</i> saat pembersihan setiap bulan yaitu Rp 115.183,30
Total Biaya per tahun: Rp 4.154.209,92	Total Biaya per tahun: Rp 1.559.841,60
Penghematan biaya per tahun: Rp 2.594.368,32	
Persentase penghematan biaya per tahun: 62,45%	

Tabel 8: Rangkuman Interval Waktu Penggantian *Nozzle Heater*

tp	R(tp)	(TPxR(tp))	F(tp)=1-R(tp)	TfxF(tp)	M(tp)	D(tp)
429	0,8437261	1,12494	0,1562739	0,20836	4075,5814	0,0013330
449	0,8185638	1,0913911	0,1814362	0,2419089	3510,3634	0,0013256
469	0,7938616	1,0584557	0,2061384	0,2748443	3089,7058	0,0013194
489	0,7642093	1,0189203	0,2357907	0,3143797	2701,154	0,0013176
509	0,7323372	0,9764252	0,2676628	0,3568748	2379,5126	0,0013188
529	0,6984353	0,9312238	0,3015647	0,4020762	2112,0078	0,0013231
549	0,6627236	0,8836094	0,3372764	0,4496906	1888,3829	0,0013305

4.2 Analisa Biaya Sebelum dan Sesudah Penggantian Preventif pada Persediaan *Nozzle Heater*

Dengan penerapan penggantian preventif, waktu yang diperlukan dalam melakukan penggantian menjadi lebih singkat yaitu selama 30 menit. Perbandingan biaya sebelum dan sesudah penggantian preventif dideskripsikan pada Tabel 9.

5 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan pada Perusahaan Guna Plast yaitu:

1. Distribusi kerusakan nozzle adalah berdistribusi Weibull dengan nilai MTTR dan MTTF sebesar 1,45 jam dan 324,02 jam. Nozzle heater adalah berdistribusi Normal dengan nilai MTTR dan MTTF sebesar 1,33

Tabel 9: Perbandingan Biaya Sebelum dan Sesudah Penggantian Preventif *Nozzle Heater*

Kebijakan Sebelum Penggantian Preventif	Kebijakan Setelah Penggantian Preventif
Rata-rata interval penggantian 636,907 jam	Rata-rata interval penggantian 489 jam
Permintaan tahunan komponen dengan waktu operasional mesin 6588 jam yaitu 10,34 kali yang dibulatkan menjadi 11 kali	Permintaan tahunan komponen dengan waktu operasional mesin 6588 jam yaitu 13,47 kali yang dibulatkan menjadi 14 kali
Biaya pemesanan yang harus dikeluarkan perusahaan per pemesanan yaitu Rp 7.500,00	Biaya pemesanan yang harus dikeluarkan perusahaan per pemesanan yaitu Rp 7.500,00
Dalam 1 tahun terdapat 11 kali pemesanan dengan biaya ekspektasi pemesanan Rp 82.500,00/tahun	Dalam 1 tahun terdapat 3 kali pemesanan dengan biaya ekspektasi pemesanan Rp 22.500,00/tahun
1 kali pemesanan membeli 1 unit sehingga dalam 1 tahun membeli 11 komponen heater nozzle	1 kali pemesanan membeli 5 unit sehingga 3 kali pemesanan dalam 1 tahun membeli 15 unit
Biaya 1 komponen Rp 75.000,00 sehingga total biaya untuk penggantian selama 1 tahun yaitu Rp 825.000,00	Biaya 1 komponen Rp 75.000,00 sehingga total biaya untuk penggantian selama 1 tahun yaitu Rp 1.125.000,00
Rata-rata waktu melakukan penggantian 1,33 jam	Rata-rata waktu penggantian 30 menit
Waktu produksi dua buah tutup kipas pompa 30 detik, dengan keuntungan per buah Rp 222,19	Waktu produksi dua buah tutup kipas pompa 30 detik, dengan keuntungan per buah Rp 222,19
Biaya disebabkan <i>downtime losses</i> setiap penggantian selama 1 tahun yaitu Rp 780.153,53	Biaya disebabkan <i>downtime losses</i> setiap penggantian selama 1 tahun yaitu Rp 373.279,20
Tidak ada biaya simpan	Biaya simpan selama 1 tahun yaitu Rp 9.000,00
Total Biaya penggantian per tahun : Rp 82.500,00 + Rp 825.000,00 + Rp 780.153,53 = Rp 1.687.653,53	Total biaya penggantian per tahun : Rp 22.500,00 + Rp 1.125.000,00 + Rp 373.279,20 + Rp 9.000,00 = Rp 1.529.779,20
Penghematan biaya per tahun yaitu sebesar: Rp 157.874,33	
Persentase penghematan biaya per tahun: 9,35%	

jam dan 636,91 jam.

2. Jadwal interval waktu pembersihan preventif nozzle dan penggantian nozzle heater yaitu setiap 307,74 jam dan setiap 489 jam.
3. Jumlah persediaan komponen nozzle heater yang optimal berdasarkan model EOQ dalam adalah 5 unit setiap kali pesan.
4. Besar biaya ekspektasi sebelum dan sesudah melakukan tindakan pembersihan preventif nozzle yaitu sebesar Rp 4.154.209,92/tahun dan Rp 1.559.841,60/tahun yang berarti mengalami penghematan sebesar 62,45 %/tahun. Besar

Tabel 3: Nilai AD untuk TTR dan TTF Komponen Nozzle

Mesin	Distribusi	Nilai AD	
		TTF Nozzle	TTR Nozzle
Automatic Injection Molding E-110 B	Weibull	1,666	1,547
	Ekspontensial	16,294	14,613
	Normal	1,837	1,955
	Lognormal	1,847	2,192

Tabel 4: Nilai AD untuk TTR dan TTF Komponen Heater

Mesin	Distribusi	Nilai AD	
		TTF Nozzle	TTR Nozzle
Automatic Injection Molding E-110 B	Weibull	1,537	1,749
	Ekspontensial	7,548	4,894
	Normal	1,414	1,666
	Lognormal	1,419	2,098

lah *breakdown* setiap minggunya:

$$TC_r = \frac{1}{2,357999 \text{ minggu}} \cdot xRp21.750,00$$

= Rp 9.223,92/minggu

Perhitungan biaya preventif pembersihan dapat dilihat pada Tabel 6. Waktu pembersihan untuk komponen *nozzle* dengan biaya terendah didapatkan setiap 2,23 minggu 307,74 jam. Setelah didapatkan waktu pembersihan preventif kemudian dilakukan perbandingan biaya sebelum dan sesudah menerapkan pembersihan preventif yang dapat dilihat pada Tabel 7.

4.1.6 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Nozzle Heater dengan Kriteria Minimasi Downtime

Setelah diketahui jenis distribusi kerusakan TTF mengikuti sebaran distribusi Normal maka langkah selanjutnya dalam menentukan interval waktu penggantian dengan kriteria minimasi downtime dapat dilihat pada Tabel 8. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh interval waktu penggantian *nozzle heater* yang terbaik adalah setiap 489 jam.

4.1.7 Perhitungan Persediaan Komponen Nozzle Heater dengan Model EOQ

Data-data yang dibutuhkan dalam menghitung persediaan komponen *nozzle heater* yang optimal guna mempercepat penggantian komponen yaitu:

Tabel 5: Peluang Kerusakan Nozzle

Pembersihan per M Jam	Pembersihan per M minggu (i)	Peluang Kumulatif (Pi)
291,18	2,11	0,00022
293,94	2,13	0,00021
296,70	2,15	0,00043
299,46	2,17	0,00084
302,22	2,19	0,00164
304,98	2,21	0,00317
307,74	2,23	0,00610
310,50	2,25	0,01161
313,26	2,27	0,02176
316,02	2,29	0,03996
318,78	2,31	0,07089
321,54	2,33	0,11852
324,30	2,35	0,17842
327,06	2,37	0,22301
329,82	2,39	0,20056
332,58	2,41	0,10198
335,34	2,43	0,01988
338,10	2,45	0,00080

Tabel 6: Total Biaya Pembersihan

Pembersihan Per-M minggu (i)	Jumlah Pembersihan yang Diperkirakan Per-M Minggu (Bn)	Jumlah Rata-Rata Pembersihan Per M Minggu (Bn/i)	Biaya Pembersihan yang Diperkirakan Per M Minggu (Rp)	Biaya Preventif Yang Diperkirakan Per M Minggu (Rp)	Total Biaya Pembersihan Yang Diperkirakan (Rp)
2,11	0,00022	0,000104265	2,267772512	7701,421801	7703,689573
2,13	0,000430048	0,000201901	4,391339296	7629,107981	7633,499321
2,15	0,000860141	0,000400065	8,70142448	7558,139535	7566,840959
2,17	0,001700374	0,000783385	17,04292034	7488,479265	7505,522183
2,19	0,003121088	0,001425134	30,99710863	7420,991324	7451,088433
2,21	0,006048181	0,002753023	59,87825205	7352,911126	7412,81943
2,23	0,011765619	0,005276663	114,7543604	7286,995516	7401,749876
2,25	0,022577621	0,010034498	218,2503374	7222,222222	7440,47256
2,27	0,042833979	0,018878405	410,6035023	7158,390308	7469,195611
2,29	0,080209555	0,035026007	761,89156436	7096,069809	7857,885315
2,31	0,146985937	0,0663630276	1383,5985	7034,820335	8418,590335
2,33	0,260371506	0,111833265	2432,373504	6974,849927	9406,62243
2,35	0,438128702	0,188437748	4033,021011	6914,893617	10969,91463
2,37	0,679007911	0,28650089	6231,394363	6856,540084	13087,95445
2,39	0,937266898	0,392161882	8529,520936	6799,16318	15328,68412
2,41	1,110493629	0,460785738	10022,06981	6742,738589	16764,82839
2,43	1,050304378	0,432224106	9400,874313	6687,242798	16088,11711
2,45	0,665750092	0,271734732	5910,230413	6632,830861	12542,88347

1. Jumlah rata-rata jam operasi mesin per bulan, yaitu 549 jam
2. Permintaan tahunan, yaitu 14 unit
3. Biaya pemesanan, yaitu Rp 7.500,00
4. Biaya simpan, yaitu Rp 9.000,00

Maka dapat dihitung jumlah unit yang optimal per pemesanan sebanyak:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times 14 \times Rp7.500,00}{Rp9.000,00}}$$

$$Q = 4,83 \text{ unit} \approx 5 \text{ unit}$$

Jumlah pemesanan yang diinginkan per tahun (N), yaitu:

$$N = \frac{14}{5}$$

N = 2,8 pesanan per tahun ≈ 3 pesanan per tahun

Jumlah waktu antar pemesanan yang diinginkan (T), yaitu:

$$T = \frac{288 \text{ hari kerja per tahun}}{3 \text{ kali pemesanan}}$$

T = 96 Hari.

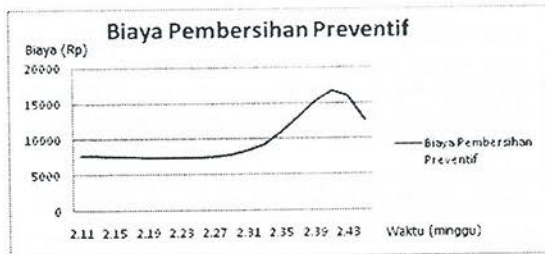
Tabel 1: Perhitungan TTR dan TTF Komponen Nozzle Heater

Nama Komponen	Tanggal Kerusakan	Waktu		TTR (Jam)	TTF(Jam)
		Mulai	Selesai		
Heater di nozzle	12 Januari 2012	10.25	11.55	1,500	-
	10 Februari 2012	14.40	15.55	1,250	530,750
	27 Maret 2012	8.15	9.25	1,167	820,333
	11 Mei 2012	8.30	9.55	1,417	841,083
	7 Juni 2012	10.35	11.5	1,250	722,667
	12 Juli 2012	18.15	19.45	1,500	656,417
	15 Agustus 2012	8.15	9.25	1,167	604,500
	5 September 2012	16.45	18.05	1,333	209,333
	18 Oktober 2012	10.05	11.30	1,417	801,000
	5 Desember 2012	13.35	14.55	1,333	546,083

zle berdasarkan distribusi kerusakan yaitu 1,45 jam dan 324,02 jam, sedangkan untuk komponen nozzle heater yaitu 1,33 jam dan 636,91 jam.

4.1.3 Perhitungan Peluang Kerusakan Nozzle

Berikut ini peluang kerusakan komponen nozzle sehingga perlu dilakukan pembersihan yang ditunjukkan pada Tabel 5. Dan, grafik yang menunjukkan biaya pembersihan preventif nozzle terhadap periode waktu tertentu (lihat Gambar 2).



Gambar 2: Grafik Biaya Pembersihan Preventif

4.1.4 Perencanaan dan Penentuan Lama Waktu Pembersihan Nozzle

Dalam melakukan pembersihan maka perlu dilakukan perencanaan dan standarisasi langkah-langkah kerja sehingga dapat ditentukan dan

Tabel 2: Perhitungan TTR dan TTF Komponen Nozzle

Nama Komponen	Tanggal Kerusakan	Waktu		TTR (Jam)	TTF(Jam)
		Mulai	Selesai		
Nozzle	2 Januari 2012	10.05	14.25	4,333	-
	27 Januari 2012	13.45	14.10	1,417	477,33
	14 Februari 2012	19.25	20.35	1,500	329,25
	2 Maret 2012	13.50	15.15	1,583	329,25
	20 Maret 2012	15.40	17.05	1,417	324,42
	6 April 2012	17.30	19.00	1,500	324,42
	25 April 2012	12.25	14.00	1,583	329,42
	11 Mei 2012	20.40	22.00	1,333	318,67
	30 Mei 2012	8.25	9.50	1,417	324,42
	16 Juni 2012	8.15	9.45	1,500	324,42
	3 Juli 2012	22.10	23.45	1,583	324,42
	19 Juli 2012	17.00	18.35	1,583	329,25
	6 Agustus 2012	23.50	1.15	1,583	329,25
	3 September 2012	17.30	19.05	1,583	329,25
	20 September 2012	08.30	09.50	1,333	324,42
	6 Oktober 2012	15.30	16.55	1,417	318,67
	24 Oktober 2012	22.10	23.45	1,583	329,25
	10 November 2012	18.25	20.00	1,500	318,67
	28 November 2012	21.50	22.55	1,083	313,83
	14 Desember 2012	00.45	01.50	1,083	313,83
	2 Januari 2013	12.10	16.35	4,417	298,33

ditetapkan lama waktu pembersihan yang efektif dan efisien. Perbaikan cara/metode pembersihan ini dilakukan dengan mendapatkan *sharing* pengalaman dari tenaga ahli dan kemudian bekerja sama dengan pihak manajemen untuk mengimplementasikannya. Waktu yang diperlukan dalam melakukan pembersihan secara efektif yaitu 1,08 jam.

4.1.5 Perhitungan Interval Waktu Pembersihan Nozzle

Dalam melakukan perhitungan interval waktu pembersihan, langkah awal yang perlu dilakukan adalah menghitung biaya pembersihan setelah *breakdown* terjadi. Berdasarkan kebijakan perusahaan biaya dalam melakukan pembersihan yaitu sebesar Rp 15.000/jam dengan lama waktu rata-rata melakukan pembersihan 1,45 jam, sehingga didapat biaya pembersihan sete-

Menentukan biaya ekspektasi reparasi per satuan waktu untuk setiap periode perawatan preventif ($TCr(n)$):

$$TCr(n) = \left(\frac{Bn}{n}\right) \times Cr \quad (4)$$

Menentukan biaya perawatan preventif per satuan waktu untuk setiap periode perawatan preventif ($TCm(n)$), dengan:

$$TCm(n) = \left(\frac{N \times Cm}{n}\right) \quad (5)$$

Sehingga didapat biaya perawatan preventif total per satuan waktu (TMC), dengan:

$$TMC = TCr(n) + TCm(n) \quad (6)$$

2.5 Perhitungan Interval Penggantian Pencegahan dengan Kriteria Minimasi Downtime

Penentuan penggantian pencegahan dilakukan dengan tujuan untuk meminimalkan downtime yang terjadi. Persamaan perhitungan total downtime sebagai fungsi waktu, yaitu:

$$D(tp) = \frac{T_p R(tp) + T_f F(tp)}{(tp + T_p)R(tp) + (M(tp) + T_f)F(tp)} \quad (7)$$

2.6 Perhitungan Persediaan dengan Model EOQ (Economic Order Quantity)

Metode ini merupakan model kuantitas pesanan tetap dalam menentukan jumlah dari suatu item yang dibeli atau dibuat pada waktu tertentu berdasarkan kalkulasi biaya terendah (ekonomis). Rumus untuk mencari EOQ yaitu:

$$EOQ = \sqrt{2AS/iC} \quad (8)$$

Dimana,

A^* = permintaan tahunan (dalam unit item);
 S = rata-rata ongkos persiapan pesanan (satuan uang);
 i = persentase ongkos penyimpanan persediaan tahunan (dalam persen);
 C = ongkos atau harga per unit item (satuan uang).

Jumlah pemesanan dalam sepanjang tahun yang bersangkutan (N) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

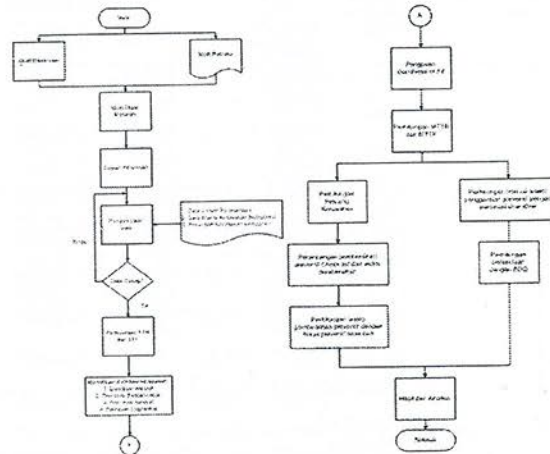
$$N = \frac{\text{Permintaan}}{\text{Jumlah unit yang dipesan}} \quad (9)$$

Waktu antar pemesanan yang diinginkan (T), dihitung menggunakan persamaan:

$$T = \frac{\text{Jumlah hari kerja per tahun}}{N} \quad (10)$$

3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam membantu jalannya penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Metodologi Penelitian

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengolahan Data

4.1.1 Perhitungan TTR (Time to Repair) dan TTF (Time to Failure)

TTR merupakan perhitungan lama waktu perbaikan, sedangkan TTF adalah perhitungan lama waktu selang kerusakan dengan kerusakan sebelumnya. Perhitungan TTR dan TTF dilakukan berdasarkan data Perusahaan Guna Plast dengan memperhatikan waktu operasional mesin. Waktu operasional mesin pada hari senin-jumat yaitu 24 jam, sedangkan pada hari sabtu yaitu selama 10 jam. Perhitungan TTR dan TTF untuk komponen *nozzle heater* dan *nozzle* ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

4.1.2 Pengujian Goodness-of-Fit, Nilai MTTR, dan Nilai MTTF

Berdasarkan pengujian *Goodness of Fit* untuk waktu TTF dan TTR, maka didapat nilai *Anderson Darling* (AD) untuk komponen *nozzle* dan *nozzle heater* seperti pada Tabel 3 dan Tabel 4. Berdasarkan Tabel-tabel tersebut maka didapatkan distribusi kerusakan yang sesuai untuk komponen *nozzle* dan *nozzle heater* berturut-turut yaitu distribusi *Weibull* dan *Normal*. Nilai MTTR dan MTTF komponen noz-

biaya ekspektasi sebelum dan sesudah penggantian preventif *nozzle heater* dengan memperhitungkan alokasi budget untuk persediaan komponen *nozzle heater* yaitu sebesar Rp 1.687.653,53/tahun dan Rp 1.529.779,20/tahun yang berarti mengalami penghematan 9,35 %/tahun.

Tanuharja, Octa Wendy, Dian Retno Sari Dewi, & Anastasia Lidya Maukar, Penjadwalan Preventive Maintenance di PT.Wahana Lentera Raya, [Online], Diakses dari: www.academia.edu [2013, 29 September].

Daftar Pustaka

- Assauri, Sofjan. (1999). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- Corder, Antony. (1976). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Erlangga, Jakarta.
- Djokopranoto, Richardus & Richardus Eko Indrajit. (2003). *Manajemen Persediaan: Barang Umum dan Suku Cadang untuk Keperluan Pemeliharaan, Perbaikan, dan Operasi*. PT. Gramedia Widiasarana Indonesia, Jakarta.
- Ebeling, Charles E.. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. The McGraw-Hill Company, Singapore.
- Gaspersz, Vincent. (2012). *All-in-One(R): Practical Management Excellence*. Penerbit Vinchristo Publication, Bogor.
- Higgis, Lindley R. & R. Keith Mobley. (2002). *Maintenance Engineering Handbook (6th Ed.)*. McGraw-Hill.
- Lockyer, Keith, Alan Muhlemann, & John Oakland. (1990). *Manajemen Produksi dan Operasi*. PT. Elex Media Komputindo, Kelompok Gramedia, Jakarta.
- Mann, Lawrence. (1978). *Maintenance Management*. Lexington Books, Canada.
- OConnor, Patrick. (2001). *Practical Reliability Engineering (4th ed.)*. John Wiley & Sons.
- Render, Barry & Jay Heizer. (2001). *Prinsip-Prinsip Manajemen Operasi*. Salemba Empat, Jakarta.
- Sodikin, Imam, Penentuan Interval Perawatan Preventif Komponen Elektrik dan Komponen Mekanik yang Optimal pada Mesin Excavator Seri PC 200-6 dengan Pendekatan Model Jardine, [Online], Diakses dari: <http://jurtek.akprind.ac.id> [2013, 10 September].
- Supandi. (1999). *Manajemen Perawatan Industri*. Ganesa Exact, Bandung.