

USULAN PENJADWALAN PRODUKSI YANG TERINTEGRASI DENGAN PENJADWALAN MAINTENANCE (STUDI KASUS PT. XYZ)

Trifenaus Prabu Hidayat; Felix Eddy Sutoto

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Atma Jaya Jakarta
Jalan Jendral Sudirman 51, Jakarta 12930
hidayat_tp@yahoo.com

ABSTRACT

PT XYZ is a company engaged in the automotive sector. Problems faced by companies today is the engine damage that often occurs during the production process therefore delaying the production process. Maintenance activities by the company is corrective maintenance, but there are preventive maintenance treatments which include cleaning and lubrication of machines carried out during holidays. Through already collected data it can be proposed for the company to have preventive maintenance with replacement and inspection engine components. Therefore, it is also necessary to take maintenance scheduling into the account of production scheduling. The focus of this research is the optimization of production scheduling in consideration with maintenance scheduling using makespan minimization criterias. The comparison of production scheduling that takes into account maintenance scheduling and maintenance scheduling with merging adjacent inspection and replacement timing is a difference of 0599% in January 2010, 0038% in May 2010 and 0221% in June 2010.

Keywords: preventive maintenance, production scheduling, merger of replacement and inspection schedule

ABSTRAK

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang otomotif. Masalah yang dihadapi perusahaan saat ini adalah kerusakan mesin yang sering terjadi pada saat proses produksi sehingga mengakibatkan tertundanya proses produksi. Mesin yang mempunyai nilai downtime yang besar adalah mesin stamping. Kegiatan perawatan yang dilakukan adalah corrective maintenance walaupun terdapat preventive maintenance namun tindakan perawatan tersebut hanya berupa pembersihan dan pelumasan mesin pada hari libur. Karena waktu yang dibutuhkan untuk maintenance adalah waktu untuk produksi maka perlu dilakukan penjadwalan ulang. Oleh karena itu, diperlukan juga penjadwalan produksi yang memperhitungkan penjadwalan maintenance. Fokus dari penelitian ini adalah optimasi penjadwalan produksi yang memperhitungkan maintenance dengan kriteria minimasi makespan. Hasil perbandingan penjadwalan produksi yang memperhitungkan maintenance dengan penjadwalan produksi dan maintenance dengan penggabungan waktu penggantian dan pemeriksaan yang berdekatan adalah terdapat perbedaan sebesar 0.599% pada bulan Januari 2010, 0.038% pada bulan Mei 2010 dan 0.221% pada bulan Juni 2010.

Kata kunci: preventive maintenance, penjadwalan produksi, penggabungan waktu penggantian dan pemeriksaan

PENDAHULUAN

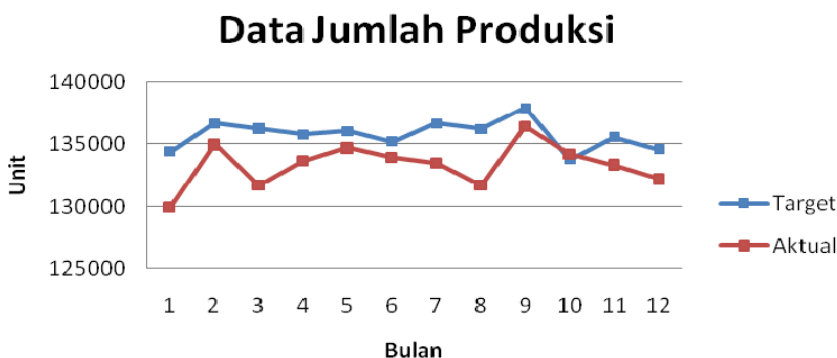
Salah satu komponen utama dari proses produksi adalah mesin. Mesin digunakan untuk memproses barang mentah (*raw material*) menjadi produk yang mempunyai nilai tambah. Seperti halnya dengan benda-benda lain, mesin pun bisa mengalami kerusakan. Kerusakan mesin ini akan mengakibatkan berhentinya proses produksi yang sedang berlangsung.

Berhentinya proses produksi tentunya akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan karena tidak ada produk yang diproduksi selama mesin itu rusak. Sistem perawatan mesin yang baik dan terencana dibutuhkan untuk mencegah kerusakan mesin. Biasanya kegiatan *maintenance* yang dilakukan adalah *corrective maintenance* dan *preventive maintenance*. Dengan adanya sistem perawatan yang baik, maka akan banyak keuntungan yang diperoleh oleh perusahaan yaitu dapat mengurangi *downtime* mesin, meningkatkan ketersediaan (*availability*) dan mengetahui jadwal *maintenance* sehingga bisa mengatur penjadwalan produksi yang efisien.

PT. XYZ adalah salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang otomotif. Perusahaan ini memproduksi komponen dan suku cadang untuk kendaraan bermotor roda empat atau lebih. Mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksinya adalah mesin *shearing* dan mesin *stamping*. Jenis mesin yang paling sering bermasalah dalam kelancaran produksi adalah mesin *stamping*. Hal ini ditunjukkan oleh total waktu *downtime* mesin *stamping* pada bulan Januari–Desember 2009 sebesar 38300 menit. Waktu *downtime* mesin *stamping* ini lebih besar bila dibandingkan dengan mesin *shearing* yang hanya sebesar 8885 menit. Perbandingan total *downtime* untuk jenis mesin *shearing* dan *stamping* adalah 19%:81% pada bulan Januari–Desember 2009 di PT. XYZ

Kerusakan mesin disebabkan umur mesin yang sudah melewati umur ekonomisnya. Selain itu juga, dalam memperbaiki mesin membutuhkan waktu yang sangat lama karena perusahaan tidak mempunyai spare part cadangan.

Dengan total *downtime* sebesar 38300 menit pada mesin *stamping* mengakibatkan penurunan jumlah produksi sebesar 28907 unit. Mesin *stamping* memegang peranan yang amat penting dalam proses produksi karena semua produk yang dihasilkan harus melalui proses *stamping*. Gambar 1 menunjukkan perbandingan data jumlah produksi pada bulan Januari - Desember 2009



Gambar 1 Grafik Perbandingan Target Produksi dengan Pencapaian Aktual

Dari data-data di atas dapat diketahui bahwa perusahaan memiliki permasalahan pada sistem perawatan mesin dan penjadwalan produksinya. Sistem perawatan yang digunakan PT. XYZ

adalah *corrective maintenance* yaitu memperbaiki mesin yang sedang rusak dan *preventive maintenance* dilakukan hanya pada saat produksi tidak berlangsung, biasanya dilakukan pada hari sabtu. Tetapi hal ini tidak begitu efektif karena tidak bisa mencegah kerusakan mesin yang terjadi pada saat produksi berlangsung.

Penjadwalan produksi dan *maintenance* mempunyai hubungan yang sangat erat. Karena waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *preventive maintenance* adalah waktu yang digunakan untuk produksi sehingga dengan berkurangnya waktu produksi maka output yang dihasilkan juga akan berkurang. Oleh karena itu permasalahan yang saat ini dihadapi perusahaan adalah bagaimana melakukan penjadwalan produksi yang terintegrasi dengan perawatan mesin. Perawatan mesin yang dilakukan secara *corrective* akan menjadi masalah bila terjadi kerusakan mesin pada saat berlangsungnya proses produksi karena hal ini akan mempengaruhi *output* yang dihasilkan. Oleh karena itu dilakukan penerapan sistem *preventive maintenance* sehingga dapat mengurangi waktu *downtime* dan mencapai target produksi yang sudah ditetapkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi sistem perawatan yang ada saat ini, mengusulkan penjadwalan produksi yang terintegrasi dengan penjadwalan *maintenance* dan penjadwalan produksi yang terintegrasi dengan penjadwalan *maintenance* dengan penggabungan waktu penggantian dan pemeriksaan yang berdekatan, dan membandingkan penjadwalan produksi yang terintegrasi dengan penjadwalan *maintenance* dan penjadwalan produksi yang terintegrasi dengan penjadwalan *maintenance* dengan penggabungan waktu penggantian dan pemeriksaan yang berdekatan dengan kriteria *makespan*.

METODE

Tujuan dari metodologi penelitian adalah agar penelitian dapat dilakukan dengan lebih terarah dan mempermudah penganalisaan masalah yang terjadi. Dalam pembuatan hasil penelitian, diperlukan proses-proses yang merupakan serangkaian tahap dalam memperoleh hasil yang akan di dapat, mulai dari penentuan masalah, identifikasi permasalahan tersebut, proses pemecahan masalah hingga menyimpulkan hasil dari penelitian secara keseluruhan. Langkah-langkah tersebut meliputi:

Persiapan Penelitian

Dalam persiapan penelitian, langkah-langkahnya adalah:

1. Studi Lapangan
Pada tahap ini dilakukan observasi terhadap perusahaan serta melakukan pertanyaan pada pihak perusahaan mengenai sistem penjadwalan produksi sekarang, sistem perawatan sekarang dan kerusakan-kerusakan mesin yang terjadi.
2. Studi literatur
Studi literatur masalah ini merupakan penelitian yang diperoleh dari literatur, jurnal dan media- media lainnya mengenai penjadwalan produksi dan perawatan mesin.
3. Identifikasi masalah
Masalah-masalah yang terjadi di lapangan adalah kerusakan mesin yang terjadi saat produksi berlangsung sehingga pekerjaan tidak selesai dengan waktunya. Berdasarkan literatur diperlukan suatu sistem perawatan mesin yang baik untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin.
4. Latar belakang masalah
Tahap ini mengemukakan penyebab penyebab tertentu yang menghadirkan masalah terpilih yang ada pada saat ini, yaitu pada bagian pemeliharaan. Dalam latar belakang masalah ini juga dikemukakan beberapa data yang mendukung terutama dalam bidang perawatan mesin dan

- dampaknya terhadap hasil produksi.
5. Perumusan masalah
Sebelum mengadakan penelitian agar penelitian yang dilakukan dapat terarah maka penulis perlu terlebih dahulu merumuskan masalah yang ada pada perusahaan saat ini dan berusaha memberikan usulan perbaikan terhadap masalah tersebut melalui penelitian ini.
 6. Tujuan penelitian
Setelah mengetahui permasalahan yang ada, maka penulis menetapkan tujuan penelitian berdasarkan permasalahan yang ada. Dengan menetapkan tujuan penelitian ini, maka penelitian yang akan dilakukan lebih terarah dan dapat menentukan hasil akhir yang akan dicapai dari hasil penelitian yang dilakukan.
 7. Studi pustaka
Tinjauan pustaka yang berhubungan dengan penjadwalan produksi dan sistem perawatan antara lain Teknik Manajemen Pemeliharaan, *Reliability and Maintainability Engineering*, Perencanaan dan Pengendalian Produksi, *Scheduling Theory, Algorithms and Systems*.

Penelitian Pendahuluan

Pada pengumpulan data bertujuan untuk menggali dan memperoleh informasi dari berbagai sumber. Proses pengumpulan data ini terdiri dari:

1. Identifikasi Pengumpulan Data
Data-data yang dibutuhkan : Data umum perusahaan, Data jenis dan jumlah mesin, Data permintaan produk, Data *due date*, Data waktu proses, Data riwayat mesin, Data downtime mesin, Data komponen mesin, Data waktu kerja.
2. Identifikasi Teknik Pengumpulan Data

Teknik-teknik yang digunakan dalam melakukan pengumpulan data adalah :

- a. Wawancara
Pengumpulan data dengan wawancara dilakukan baik dengan staf bagian PCD maupun bagian *maintenance*. Dengan teknik ini, informasi yang didapat lebih mendetail.
- b. Literatur dan Data-data Perusahaan
Data-data ini diperlukan untuk menambah informasi dengan mempelajari buku-buku, catatan maupun literatur yang ada di perusahaan.

Setelah melakukan pengumpulan data , maka tahap yang selanjutnya adalah pengolahan data. Pengolahan data yang dilakukan meliputi:

Perhitungan *Preventive Maintenance*

Tahap perhitungan *preventive maintenance* diawali dengan Pengukuran nilai OEE. Pengukuran nilai efektifitas penggunaan lini mesin terpilih diawali dengan menentukan nilai *availability*, *performance*, dan *quality ratio*. Hasil perkalian dari ketiga rasio ini akan menghasilkan nilai OEE.

Langkah selanjutnya adalah menentukan waktu *downtime* untuk tiap komponen. Dalam penelitian ini tidak dilakukan pemilihan komponen kritis karena semua komponen akan diperhitungkan untuk membuat jadwal *preventive maintenance*.

Langkah selanjutnya adalah menghitung *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR). Perhitungan TTF dilakukan dengan cara mengurangi waktu kerusakan kedua mulai diperbaiki dengan waktu kerusakan pertama selesai diperbaiki. Sedang perhitungan TTR dilakukan sejak mesin berhenti karena rusak sampai mesin kembali berjalan setelah selesai diperbaiki. Selanjutnya dilakukan identifikasi distribusi terhadap TTF dan TTR. Identifikasi distribusi dilakukan dengan dua cara yaitu manual dan dengan software Minitab. Distribusi terpilih dilihat

dari nilai *correlation coefficient* yang terbesar. Metode yang digunakan adalah *Least Square Curve Fitting*.

Uji kesesuaian distribusi bertujuan untuk mengetahui apakah distribusi TTF dan TTR sesuai. Bila hasilnya tidak sesuai (H_0 ditolak), maka dilakukan uji kesesuaian lagi untuk distribusi dengan nilai *Index of Fit* terbesar kedua.

Setelah diketahui distribusi dari TTF dan TTR nya, maka dilakukan perhitungan parameter-parameter sesuai dengan distribusinya. Perhitungan parameter dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Perhitungan dilakukan dengan software Minitab. Parameter-parameternya adalah *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR).

Setelah diperoleh nilai MTTF dan MTTR, dilanjutkan dengan menghitung interval waktu penggantian komponen. Metode yang digunakan adalah metode *Age Replacement* dengan kriteria minimasi *downtime*.

Setelah itu, dilakukan perhitungan untuk mengetahui interval waktu untuk pemeriksaan komponen. Setelah waktu penggantian dan pemeriksaan diketahui, maka selanjutnya adalah pembuatan jadwal *maintenance*. Jadwal ini dibuat dalam bentuk *gant chart*.

Dari *gant chart* yang sudah jadi itu, dibuat satu *gant chart* lagi yang berbeda. Perbedaanannya adalah dengan menggabungkan waktu penggantian dan pemeriksaan komponen yang berdekatan. Penggabungan ini dilakukan untuk waktu penggantian dan pemeriksaan pada hari yang sama.

Penjadwalan produksi

Langkah pertama yang dilakukan dalam penjadwalan produksi adalah menentukan kebutuhan kapasitas. Pertama-tama kita menentukan waktu proses untuk tiap produk pada setiap mesin, setelah itu membuat *Bill of Labor*. *Bill of Labor* adalah pengelompokan waktu proses tiap produk yang diproses pada mesin yang sama. Langkah selanjutnya adalah menghitung kapasitas yang dibutuhkan, lalu membandingkannya dengan kapasitas yang tersedia.

Penjadwalan produksi dilakukan untuk setiap mesin. Pengurutan penjadwalan produksi dilakukan dengan menggunakan metode sebagai berikut: Pertama, SPT (*Shortest Processing Time*); Kedua, LPT (*Longest Processing Time*); Ketiga, Random; Keempat, FCFS (*First Come First Served*); Kelima, LCFS (*Last Come First Served*); Keenam, LWKR (*Least Work Remaining*); Ketujuh, MWKR (*Most Work Remaining*); Kedelapan, TWK (*Total Work*); Kesembilan, LWK (*Least Total Work*); Kesepuluh, FOPR (*Fewest Operation Remaining*); Kesebelas, EDD (*Earliest Due Date*); Keduabelas, SLACK (*Slack Time*); Ketigabelas, S/ROP (*Slack/Remaining Operation*); Keempat belas, WINQ (*Work in Next Queue*); Kelima belas, Priority Index.

Metode-metode pengurutan penjadwalan produksi di atas dihitung dengan menggunakan bantuan software WinQSB dengan kriteria minimasi *makespan*.

Pengintegrasian jadwal produksi dengan jadwal preventive maintenance

Setelah diperoleh jadwal produksinya, maka akan dilakukan pengintegrasian antara jadwal produksi dengan jadwal *maintenance* baik untuk penjadwalan *maintenance* yang biasa maupun untuk jadwal *maintenance* yang menggabungkan waktu penggantian dan pemeriksaan yang berdekatan.

Analisis

Berdasarkan hasil dari pengolahan data, maka dilakukan analisis terhadap hasil yang telah didapatkan. Analisis yang akan dilakukan adalah sesuai dengan poin-poin yang ada dalam pengolahan data meliputi: (1) Analisis sistem perawatan sekarang; (2) Analisis *preventive maintenance*, yaitu jadwal *maintenance* yang standar dan jadwal *maintenance* dengan penggabungan interval waktu penggantian dan pemeriksaan yang berdekatan; (3) Analisis penjadwalan produksi; dan (4) Analisis integrasi *preventive maintenance* dengan penjadwalan produksi, yaitu Analisis perbandingan integrasi jadwal produksi dengan jadwal *maintenance* yang standar dan integrasi jadwal produksi dengan jadwal *maintenance* dengan penggabungan waktu penggantian dan pemeriksaan yang berdekatan.

Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan ditarik kesimpulan berdasarkan hasil pengolahan data dan perbaikan metode perawatan dan pemeliharaan yang diusulkan serta juga diberikan saran yang bermanfaat bagi perusahaan yang sesuai dengan tujuan penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan *Preventive Maintenance*

Langkah-langkah perhitungan *preventive maintenance*:

1. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dilakukan untuk menentukan besar efektifitas mesin *stamping* selama periode Januari-Desember 2009. Hasil perhitungan OEE dapat dilihat pada tabel 1, berikut ini:

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai OEE Mesin *Stamping*

Bulan	OEE (%)					
	B1	C1	C2	C3	C4	C5
Januari	49.320	66.005	59.278	62.074	65.892	61.660
Februari	58.988	72.918	64.118	68.507	73.395	68.972
Maret	51.806	67.373	59.723	61.931	67.058	63.438
April	52.865	65.585	58.290	61.948	66.754	62.748
Mei	53.237	72.306	63.285	66.591	71.191	66.935
Juni	51.437	68.269	59.455	62.515	66.905	63.069
Juli	50.554	63.344	58.104	59.505	64.388	60.102
Agustus	56.071	69.299	60.653	64.327	69.661	64.968
September	53.712	68.377	59.342	61.053	67.192	62.938
Oktober	50.605	67.292	57.543	61.926	67.918	63.784
November	55.522	70.322	60.895	64.093	69.885	65.149
Desember	48.964	62.415	57.050	58.716	63.123	59.160
RATA-RATA	52.757	67.792	59.811	62.765	67.780	63.577

2. Perhitungan persentase waktu *downtime* komponen pada mesin *stamping*.
3. Perhitungan *time to failure* dan *time to repair*-nya untuk masing-masing komponen.
4. Identifikasi distribusi dengan menggunakan perhitungan manual dan *software* MINITAB kemudian pilih distribusi dengan hasil *correlation coefficient* terbesar. Lalu dilakukan uji kesesuaian distribusi dengan menggunakan *goodness fit of test* untuk menentukan distribusi

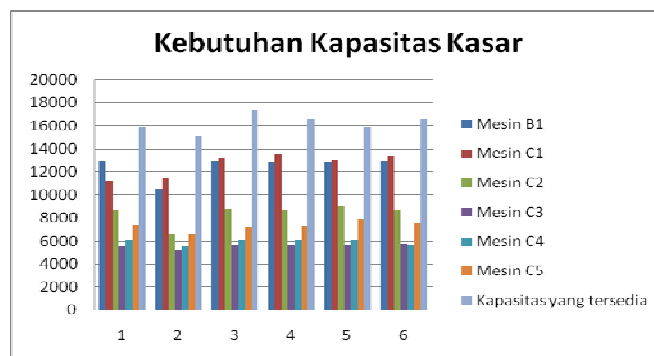
yang terpilih. Komponen-komponen yang dipilih untuk dilakukan uji distribusi adalah yang mempunyai data ($n \geq 4$). Karena jika kurang tidak dapat diketahui distribusinya. Komponen-komponen yang dipilih :

- Mesin B1 dengan komponen: *Clutch Brake, Bolster, Clutch dan Flywheel*, Selang PU dan V-Belt.
 - Mesin C1 dengan komponen: *bearing, clutch dan flywheel*, Selang PU, V-belt.
 - Mesin C2 dengan komponen: *bearing, clutch dan flywheel*, Selang PU, dan V-belt.
 - Mesin C3 dengan komponen: *bearing, clutch dan flywheel, Exhaust Fan*, Selang PU, - dan V-belt.
 - Mesin C4 dengan komponen: *clutch dan flywheel*, Selang PU, dan V-belt.
 - Mesin C5 dengan komponen: *bearing, clutch dan flywheel*, Selang PU, dan V-belt.
5. Mencari nilai MTTF, MTTR, dan Parameter Distribusi dengan menggunakan *software* MINITAB.
 6. Tentukan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime*. Interval waktu penggantian komponen untuk setiap mesin *stamping* dapat dilihat pada tabel 4 sampai tabel 9 di lampiran.
 7. Tentukan interval waktu pemeriksaan masing-masing komponen kritis. Interval waktu pemeriksaan komponen untuk setiap mesin *stamping* dapat dilihat pada tabel 10 sampai tabel 15 di lampiran.
 8. Pembuatan jadwal *maintenance*. Jadwal ini dibuat berdasarkan interval waktu penggantian dan pemeriksaan dari perhitungan sebelumnya. Jadwal *maintenance* yang dibuat terdiri dari 2 jenis yaitu:
 - Jadwal *maintenance* yang standar
 - Jadwal *maintenance* dengan penggabungan interval waktu penggantian dan pemeriksaan yang berdekatan (≤ 1 hari)

Perhitungan Penjadwalan Produksi

Langkah-langkah perhitungan pen-jadwalan produksi:

1. Penentuan kebutuhan kapasitas. Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan apakah kapasitas yang tersedia dapat memenuhi waktu yang diperlukan untuk memproduksi suatu produk. Gambar 2 menunjukkan perbandingan kapasitas yang dibutuhkan dengan kapasitas yang tersedia.



Gambar 2. Grafik Kebutuhan Kapasitas Kasar

2. Menentukan penjadwalan produksi dengan metode SPT, LPT, *Random*, FCFS, LCFS, LWKR, MWKR, RWK, LWK, FOPR, EDD, SLACK, S/ROP, WINQ, *Priority Index*. Dalam perhitungannya digunakan *software* WinQSB. Kriteria yang diinginkan adalah

minimasi *makespan*. Tabel 2 menunjukkan hasil penjadwalan produksi dengan *software* WinQSB.

Tabel 2. Hasil Penjadwalan Produksi dengan *software* WinQSB

Bulan	Pengurutan Penjadwalan	Nilai <i>Makespan</i> (menit)
Januari	SPT	12953.59
Februari	Random	10511.48
Maret	SPT	12944.64
April	SPT	12785.34
Mei	SPT	12851.44
Juni	EDD	12927

- Setelah diketahui jadwal produksi dan jadwal *preventive maintenance*, maka langkah selanjutnya adalah mengintegrasikan keduanya sehingga diperoleh jadwal produksi yang memperhitungkan *maintenance*. Peng-integrasian jadwal produksi dan *maintenance* dibuat dalam bentuk *gant chart*.
- Langkah yang terakhir adalah membandingkan integrasi penjadwalan produksi dengan penjadwalan *preventive maintenance* yang standar dan penjadwalan produksi dengan penjadwalan *preventive maintenance* dengan penggabungan waktu peng-gantian dan pemeriksaan komponen yang berdekatan. Tabel 3. menunjukan hasil perbandingan integrasi pen-jadwalan produksi dengan penjadwalan *preventive maintenance* yang standar dan penjadwalan produksi dengan penjadwalan *preventive maintenance* dengan penggabungan waktu peng-gantian dan pemeriksaan komponen yang berdekatan.

Tabel 3. Perbandingan Nilai *Makespan* Penjadwalan Produksi dengan Memperhitungkan *Maintenance* dan Penjadwalan *Maintenance* dengan Penggabungan Waktu Penggantian dan Pemeriksaan yang berdekatan

Bulan	Nilai <i>Makespan</i>		
	Penjadwalan Produksi	Penjadwalan Produksi dengan memperhitungkan <i>maintenance</i>	Penjadwalan Produksi dengan memperhitungkan <i>maintenance</i> dengan penggabungan
Januari	12953.59	13128.588	13049.969
Februari	10511.48	10792.527	10792.526
Maret	12944.64	13194.05	13194.05
April	12785.34	13680.489	13680.489
Mei	12851.44	13229.397	13224.397
Juni	12927	13558.209	13588.209

PENUTUP

Sistem perawatan yang dilakukan perusahaan adalah *breakdown maintenance* dengan didukung perawatan secara berkala yaitu *cleaning* dan pelumasan. Kegiatan perawatan mesin yang dilakukan perusahaan belum baik karena tidak bisa mencegah kerusakan mesin yang terlalu sering terjadi pada saat proses produksi sedang berlangsung. Kerusakan mesin ini menyebabkan perusahaan tidak bisa memproduksi barang sehingga target produksi tidak tercapai.

Integrasi penjadwalan produksi yang memperhitungkan *maintenance* mempunyai nilai *makespan* terbesar yaitu 13680.489 dan yang terkecil sebesar 10792.527. Sedangkan penjadwalan produksi yang memperhitungkan *maintenance* dengan penggabungan waktu penggantian dan pemeriksaan yang berdekatan mempunyai *makespan* terbesar yaitu 13680.489 dan waktu *makespan* yang terkecil sebesar 10792.526. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan jumlah permintaan setiap bulannya. Perbedaan nilai *makespan* pen-jadwalan produksi yang memperhitungkan *maintenance* dan pen-jadwalan produksi yang memperhitungkan *maintenance* dengan penggabungan tidak terlalu besar. Pada bulan Januari 2010 terdapat perbedaan sebesar 0.599%, pada bulan Mei 2010 terdapat perbedaan sebesar 0.038%, dan pada bulan Juni 2010 terdapat perbedaan sebesar 0.221%. Berdasarkan hasil pengamatan, pengolahan data, dan analisis yang telah dilakukan maka diharapkan perusahaan menerapkan sistem *preventive maintenance* secara serius dengan mempertimbangkan penggantian dan pemeriksaan komponen untuk mengurangi kerusakan pada mesin. Selain itu juga untuk memudahkan dalam pengambilan keputusan dengan kondisi yang berbeda, dapat dilakukan dengan pembuatan *tools* berupa sistem informasi untuk bagian *maintenance*. Sehingga dengan bantuan *software* dapat mempermudah dalam perhitungan dan menentukan jadwal integrasi perawatan dan penjadwalan produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrine, H. T. (1982). *Manufacturing Organization and Management*, New Jersey: Prentice Hall.
- Corder, A. (1992) *Teknik Manajemen Pemeliharaan*, Jakarta: Erlangga.
- Ebeling, C. E. (1997). *Reliability and Maintainability Engineering*, Singapore: McGraw-Hill.
- Jardine, A. K. S. (1995). *Maintenance, Replacement and Reliability*, Canada: Pittman Publishing.
- Pinedo, M. (1995). *Scheduling Theory, Algorithms and Systems*, New Jersey: Prentice Hall.

LAMPIRAN

Rekapitulasi Interval Waktu Penggantian Komponen Mesin

Mesin B1

Tabel 4. Rekapitulasi Interval Waktu Penggantian Komponen Mesin B1

Komponen	Distribusi	tp (menit)	D(tp)	A(tp)
Bolster	Ekspensial	76145	0.00523001656018495	0.99476998343981500
Clutch Brake	Normal	67250	0.00670977433724025	0.99329022566276000
Selang PU	Normal	38415	0.00379436984560929	0.99620563015439100
Clutch dan Flywheel	Ekspensial	34145	0.00274520143446694	0.99725479856553300
V-Belt	Lognormal	21200	0.00136558900335162	0.99863441099664800

Mesin C1

Tabel 5. Rekapitulasi Interval Waktu Penggantian Komponen Mesin C1

Komponen	Distribusi	tp (menit)	D(tp)	A(tp)
Bearing	Normal	71275	0.00094399589415421	0.99905600410584600

Clutch dan Flywheel	Normal	80100	0.00226219231185638	0.99773780768814400
Selang PU	Ekspensial	39660	0.00213119423794356	0.99786880576205600
V-Belt	Ekspensial	49150	0.00099760412601787	0.99900239587398200

Mesin C2

Tabel 6. Rekapitulasi Interval Waktu Penggantian Komponen Mesin C2

Komponen	Distribusi	tp (menit)	D(tp)	A(tp)
Bearing	Weibull	66440	0.00063253411321716	0.99936746588678300
Clutch dan Flywheel	Normal	57240	0.00278439381053562	0.99721560618946400
Selang PU	Lognormal	49000	0.00128000826454894	0.99871999173545100
V-Belt	Lognormal	26000	0.00105830583040571	0.99894169416959400

Mesin C3

Tabel 7. Rekapitulasi Interval Waktu Penggantian Komponen Mesin C3

Komponen	Distribusi	tp (menit)	D(tp)	A(tp)
Bearing	Lognormal	68000	0.00088324842551057	0.99911675157448900
Clutch dan Flywheel	Normal	62435	0.00276751114033409	0.99723248885966600
Exhaust Fan	Weibull	44060	0.00202655144037266	0.99797344855962700
Selang PU	Normal	36955	0.00382686591837561	0.99617313408162400
V-Belt	Weibull	43115	0.00082468122276791	0.99917531877723200

Mesin C4

Tabel 8. Rekapitulasi Interval Waktu Penggantian Komponen Mesin C4

Komponen	Distribusi	tp (menit)	D(tp)	A(tp)
Clutch dan Flywheel	Ekspensial	51305	0.00179808220990220	0.99820191779009800
Selang PU	Weibull	36540	0.00155646896123829	0.99844353103876200
V-Belt	Normal	64505	0.00122696630919289	0.99877303369080700

Mesin C5

Tabel 9. Rekapitulasi Interval Waktu Penggantian Komponen Mesin C5

Komponen	Distribusi	tp (menit)	D(tp)	A(tp)
Bearing	Ekspensial	50160	0.00103000959558874	0.99896999040441100
Clutch dan Flywheel	Ekspensial	68560	0.00139097797436933	0.99860902202563100
Selang PU	Normal	91585	0.00163187294649161	0.99836812705350800
V-Belt	Ekspensial	59120	0.00076807951820098	0.99923192048179900

Rekapitulasi Interval Waktu Pemeriksaan Komponen Mesin

Mesin B1

Tabel 10. Rekapitulasi Interval Waktu Pemeriksaan Komponen Mesin B1

Komponen	Interval (menit)	Frekuensi / bulan	D(tp)	A(tp)
Bolster	8464.710288	2.466711711	0.00708825204	0.9929117
Clutch Brake	10128.553	2.061498915	0.00592384745775	0.9940762
Selang PU	13172.08162	1.585170864	0.004555088688	0.9954449

Clutch dan Flywheel	13205.69352	1.581136195	0.004543494813	0.9954565
V-Belt	17545.57146	1.190043883	0.00341966633	0.9965803

Mesin C1

Tabel 11. Rekapitulasi Interval Waktu Pemeriksaan Komponen Mesin C1

Komponen	Interval (menit)	Frekuensi / bulan	D(tp)	A(tp)
Bearing	25738.7518	0.81122815	0.0023311	0.9976689
Clutch dan Flywheel	18725.55788	1.115053561	0.003204177	0.9967958
Selang PU	13911.3639	1.500931192	0.004313021	0.9956870
V-Belt	21623.00758	0.965638102	0.002774822	0.9972252

Mesin C2

Tabel 12. Rekapitulasi Interval Waktu Pemeriksaan Komponen Mesin C2

Komponen	Interval (menit)	Frekuensi / bulan	D(tp)	A(tp)
Bearing	25220.10137	0.827911026	0.0023791	0.9976209
Clutch dan Flywheel	15051.99635	1.387191407	0.003986182	0.9960138
Selang PU	16667.00328	1.252774698	0.003599927	0.9964001
V-Belt	19267.54932	1.083687378	0.003114044	0.9968860

Mesin C3

Tabel 13. Rekapitulasi Interval Waktu Pemeriksaan Komponen Mesin C3

Komponen	Interval (menit)	Frekuensi / bulan	D(tp)	A(tp)
Bearing	20351.35676	1.025975823	0.0029482	0.9970518
Clutch dan Flywheel	15081.93967	1.38443731	0.003978268	0.9960217
Selang PU	13268.74476	1.573622855	0.004521905	0.9954781
V-Belt	21449.77507	0.973436781	0.002797232	0.9972028
Exhaust Fan	14586.66411	1.431444492	0.00411335	0.995887

Mesin C4

Tabel 14. Rekapitulasi Interval Waktu Pemeriksaan Komponen Mesin C4

Komponen	Interval (menit)	Frekuensi / bulan	D(tp)	A(tp)
Clutch dan Flywheel	15757.80494	1.325057651	0.0038076	0.9961924
Selang PU	15175.72513	1.375881536	0.003953683	0.9960463
V-Belt	24593.92202	0.84899025	0.002439627	0.9975604

Mesin C5

Tabel 15. Rekapitulasi Interval Waktu Pemeriksaan Komponen Mesin C5

Komponen	Interval (menit)	Frekuensi / bulan	D(tp)	A(tp)
Bearing	23551.28548	0.88657581	0.0025476	0.9974524
Clutch dan Flywheel	17331.0669	1.204772915	0.003461991	0.9965380
Selang PU	18236.98643	1.144926004	0.003290017	0.9967100
V-Belt	25124.49228	0.83106157	0.002388108	0.9976119