

Penentuan Interval Waktu Penggantian dan Perbaikan Komponen Kritis Mesin Bubut Type SS-850 di PT. Hamdan Jaya Makmur Dengan Metode Age Replacement

Taufiqur Rachman*¹, Darmiolla Natasia Watunglawar¹, M. Derajat Amperajaya¹, Septian Rahmat Adnan¹, Iphov Kumala Sriwana²

¹ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul Jakarta, Jl. Arjuna Utara No.9, Kebon Jeruk, Jakarta Barat, Indonesia 11510

² Program Studi Teknik Industri, Universitas Telkom Bandung, Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu, Bandung, Jawa Barat, Indonesia, 40257

Article Info

Article history:

Received
23 Juli 2022

Accepted
15 Agustus 2022

Keywords:

Age Replacement Method, Downtime, Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Preventive Replacement Time Interval, Preventive Replacement Cost

Abstract

The purpose of this research is to determine the time interval and cost of preventive replacement on components of the lathe machine type SS-850 at PT. Hamdan Jaya Makmur. The method used in this research is the Age Replacement method, namely by determining critical components, determining the distribution pattern of damage, determining distribution parameters, and calculating MTTF and MTTR, where the results obtained are preventive replacement time intervals, and calculating preventive replacement costs. The results obtained from this research are that there are four critical components on the lathe machine type SS-850, namely electric components with a preventive replacement time interval of 15 days and a preventive replacement cost savings of 61.01%, bearing components have a preventive replacement time interval of 14 days and a preventive replacement cost savings of 42.01%, the gearbox component has a preventive replacement time interval of 33 days and a preventive replacement cost savings of 57.33%, and bolt and nut components have a preventive replacement time interval of 11 days and a preventive replacement cost savings of 81,54%.

1. PENDAHULUAN

Dalam upaya menjamin keandalan mesin perlu dilakukan sistem kegiatan perawatan yang tepat (Kurniawan and Rumita, 2014). Sistem pemeliharaan merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk menjamin agar sistem selalu dalam keadaan siap pakai atau memulihkan kembali kondisi sistem ke dalam kondisi siap pakai (Anggraini and Maulana, 2016). PT. Hamdan Jaya Makmur adalah perusahaan yang berjalan dibidang *Machining, Engineering, Fabrication, Stamping*, dan *Trading Company* dengan produk yang dihasilkan adalah produk untuk industri kecil, industri menengah dan industri modern, seperti *spare-part* mesin, *conveyor system product*, dan lain-lain.

PT. Hamdan Jaya Makmur dalam setiap proses produksi tidak terlepas dari masalah keefektifan mesin. Perusahaan menggunakan berbagai jenis mesin yang digunakan seperti mesin *milling*, mesin tap, mesin bubut dan jenis mesin lainnya. PT. Hamdan Jaya Makmur sering

mengalami masalah kerusakan pada mesin produksi dikarenakan belum optimalnya sistem perawatan yang ada. Sistem pemeliharaan mesin hanya dilakukan dengan *corrective maintenance* (memperbaiki komponen yang rusak ataupun mengganti komponen yang rusak dengan komponen yang baru). Hal ini menyebabkan proses produksi menjadi terganggu bahkan terhenti karena mesin produksi tidak dapat berfungsi. Tingginya kegagalan operasi tersebut juga menyebabkan *downtime* yang tinggi, sehingga menurunkan produktivitas perusahaan sendiri (Sodikin, 2008).

Salah satu cara untuk menyelesaikan permasalahan fasilitas produksi dalam menunjang peningkatan produktivitas yaitu dengan melakukan evaluasi dan pemeliharaan secara intensif dari mesin-mesin produksi, sehingga dapat digunakan secara optimal. Aktualnya masih ditemukan tindakan dan pemeliharaan yang dilakukan tidak tepat sasaran terhadap permasalahan yang sebenarnya. Hal tersebut ditemukan pada suatu keadaan ketika memperbaiki bagian mesin yang tidak seharusnya diperbaiki atau memperbaiki ketika bagian mesin tersebut sudah dalam keadaan

*Corresponding author. Taufiqur Rachman
Email address: taufiqur.rahman@esaunggul.ac.id

rusak atau bermasalah. Akibatnya, banyak ditemukan permasalahan pada suatu perusahaan yang mempunyai kontribusi terbesar dari total biaya produksi adalah biaya pelaksanaan pemeliharaan, baik secara langsung maupun tidak langsung (Rachman and Nugraha, 2018).

Berdasarkan data yang diperoleh, dapat diketahui bahwa pada bulan November mesin bubut *type* SS-850 mengalami *downtime* yang paling besar (46.94%) dari keseluruhan mesin-mesin yang digunakan PT. Hamdan Jaya Makmur, dengan kerusakan yang sering terjadi antar lain kerusakan pada eratan, pasak, sumbu utama, poros, dan kerusakan lainnya. Tidak terprediksinya kegagalan atau kerusakan yang terjadi pada mesin maupun komponen mesin bubut *type* SS-850 menyebabkan perusahaan harus membuat jadwal pemeliharaan yang tepat.

Untuk mengatasi masalah tersebut dapat digunakan metode *Age Replacement*, yang hasil akhirnya dapat memberikan *improvement* pada teknik pemeliharaan mesin, yang diharapkan bisa menjadi tindakan pencegahan dan perbaikan kerusakan mesin sesuai dengan jenis kegagalan dan dapat memberikan jadwal interval waktu perawatan untuk mesin. Metode *Age Replacement* merupakan suatu model penggantian dimana interval waktu penggantian komponen dilakukan dengan memperhatikan umur pemakaian dari komponen tersebut, sehingga dapat menghindari terjadinya penggantian peralatan yang masih baru dipasang akan diganti dalam waktu yang relatif singkat. Model ini akan menyesuaikan kembali jadwalnya setelah penggantian komponen dilakukan, baik akibat terjadi kerusakan maupun hanya bersifat sebagai perawatan pencegahan (Jia *et al.*, 2015). Dengan penerapan metode *Age Replacement* diharapkan dapat memperbaiki sistem *maintenance* untuk masalah pemeliharaan mesin produksi sehingga memperoleh jadwal pemeliharaan mesin yang *preventive*, meningkatkan keandalan mesin, dan menjadi solusi tindakan pencegahan dari kerusakan mesin agar proses produksi dapat memenuhi target untuk memproduksi.

Terdapat beberapa tujuan dari penelitian ini, antara lain:

1. Mengidentifikasi komponen kritis pada mesin bubut *type* SS-850 pada *Plant C* yang digunakan PT. Hamdan Jaya Makmur.
2. Mengidentifikasi pola data dari uji kesesuaian untuk parameter distribusi data kerusakan komponen mesin bubut *type* SS-850 di PT. Hamdan Jaya Makmur.
3. Menentukan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) yang digunakan untuk penjadwalan penggantian atau perbaikan komponen kritis mesin bubut *type* SS-850 di PT. Hamdan Jaya Makmur.

4. Menentukan dan menjadwalkan interval waktu penggantian pencegahan pada komponen mesin bubut *type* SS-850 di PT. Hamdan Jaya Makmur dengan metode *Age Replacement*.
5. Menentukan total biaya perawatan sebelum dan sesudah melakukan *preventive maintenance* pada mesin bubut *type* SS-850 di PT. Hamdan Jaya Makmur.

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada mesin bubut *type* SS-850 pada *Plant C* di PT. Hamdan Jaya Makmur berdasarkan data-data histori mesin, frekuensi kerusakan mesin yang selama ini telah terjadi, interval waktu kerusakan komponen mesin, dan data biaya-biaya yang berkaitan dengan kerusakan mesin pada periode November 2020 hingga April 2021.
2. Perhitungan uji kesesuaian distribusi data kerusakan dan perbaikan menggunakan Ms. Excel.
3. Perhitungan interval waktu perawatan dan total biaya perawatan berdasarkan metode *Age Replacement*.

Perawatan merupakan suatu sekumpulan aktifitas yang diperlukan untuk menjaga agar suatu sistem atau peralatan selalu siap untuk dimanfaatkan tiap saat diperlukan. Dengan perawatan yang baik akan memperlambat terjadinya kerusakan sehingga perlu untuk dilakukan sebuah manajemen perawatan (Alwi, 2016). Penjadwalan sebagai proses pengalokasian sumber-sumber untuk memilih sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu (Baker and Trietsch, 2019).

Tujuan dari sistem manajemen perawatan menurut Japan *Institute of Plan Maintenance and Consultant* TPM India adalah memperpanjang umur pakai fasilitas produksi, menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan untuk pemakaian darurat, menjamin keselamatan operator dan pemakaian fasilitas, mendukung kemampuan mesin dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan fungsinya, dan mencapai tingkat biaya perawatan serendah mungkin (*lowest maintenance cost*) dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien (Prihastono and Prakoso, 2017).

Downtime mesin merupakan waktu menganggur atau lama waktu dimana unit tidak dapat lagi menjalankan fungsinya sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini terjadi apabila suatu unit mengalami masalah seperti kerusakan mesin yang dapat mengganggu kinerja mesin secara keseluruhan termasuk kualitas produk yang dihasilkan atau kecepatan produksinya sehingga membutuhkan waktu tertentu untuk

mengembalikan fungsi unit tersebut pada kondisi semula (Putro, 2017).

Dalam model *Age Replacement* saat untuk dilakukan pergantian pencegahan adalah tergantung pada umur pakai dari komponen. Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval penggantian berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan (Purnama, Putra and Kalamollah, 2015). Metode *Age Replacement* adalah tindakan penggantian yang dilakukan pada saat pengoperasian mencapai umur tertentu yang telah ditetapkan, misalkan sebesar interval waktu. Jika pada selang waktu tersebut tidak terdapat kerusakan, maka penggantian akan tetap dilakukan sebagai tindakan pencegahan. Jika sistem mengalami kerusakan pada selang waktu tersebut, maka dilakukan tindakan perbaikan dan penggantian berikutnya berdasarkan perhitungan interval waktu terhitung mulai dari waktu penggantian perbaikan tersebut (Praharsi, Sriwana and Sari, 2015).

Distribusi kerusakan merupakan informasi dasar mengenai umur pakai suatu fasilitas baik peralatan atau mesin dalam suatu populasi tertentu. Distribusi kerusakan serta karakteristik kerusakan pada setiap alat dapat berbeda-beda. Ada beberapa distribusi yang dapat menggambarkan karakteristik kerusakan suatu alat, baik yang memiliki laju kerusakan konstan maupun yang memiliki laju kerusakan tidak konstan. Untuk yang memiliki laju kerusakan konstan dan tidak berubah terhadap waktu menggunakan distribusi Eksponensial. Sementara untuk yang memiliki laju kerusakan tidak konstan menggunakan distribusi Normal, distribusi Weibull dan distribusi Lognormal. Identifikasi distribusi suatu probabilitas kerusakan mesin atau peralatan dapat diketahui dengan menggunakan distribusi statistik. Pendugaan distribusi statistik tergantung dari karakteristik data kerusakan dan perbaikan yang terjadi (Mutiarah, Rahman and Hamdala, 2014).

Model penentuan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi waktu *downtime* yang digunakan dengan menentukan waktu yang paling optimal dalam melakukan penggantian sehingga total *downtime* per unit waktu dapat diminimasi. Penggantian ini dilakukan untuk menghindari terhentinya mesin akibat kerusakan pada komponen. Model ini digunakan untuk mengetahui interval waktu penggantian pencegahan yang optimal sehingga dapat meminimasi total *downtime* (Vidiasari, Soemadi and Mustofa, 2015).

Metode penentuan interval waktu penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime* yang digunakan adalah *Age Replacement* (Jardine and Tsang, 2013).

Pada metode *Age Replacement*, tindakan penggantian dilakukan pada saat pengoperasian sudah mencapai umur yang ditetapkan yaitu sebesar tp . Jika pada selang waktu tp tidak terdapat kerusakan, maka akan tetap dilakukan penggantian sebagai tindakan pencegahan. Jika sistem mengalami kerusakan pada selang waktu tp , maka dilakukan tindakan penggantian perbaikan dan penggantian berikutnya akan dilakukan berdasarkan perhitungan tp terhitung mulai dari waktu penggantian perbaikan tersebut (Jardine and Tsang, 2013).

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di PT. Hamdan Jaya Makmur yang berlokasi di Sunrise Bizpark Jl. Sunrise Raya Blok D 09, Gelam Jaya, Kec. Ps. Kemis, Tangerang, Banten dengan tujuan dasar untuk menerapkan penggunaan metode *Age Replacement* yang merupakan kegiatan pemeliharaan dengan berbasis keandalan. Pada penelitian ini, metode *Age Replacement* diimplementasikan pada salah satu mesin produksi yang sering digunakan namun tidak memiliki jadwal pemeliharaan yang terstruktur di PT. Hamdan Jaya Makmur, yaitu mesin bubut *type* SS-850 yang merupakan salah satu mesin yang berada di lantai produksi pada *Plant C*.

Urutan penelitian secara umum dilakukan terdiri dari beberapa tahap, yaitu melakukan pengumpulan data-data permesinan, data komponen mesin bubut *type* SS-850, data interval kerusakan, perhitungan TTF dan TTR, menentukan komponen kritis, menentukan *index of fit* dan *goodness of fit*, menentukan uji distribusi kerusakan, perhitungan MTTF dan MTTR, menentukan interval waktu perawatan dan total biaya perawatan mesin. Dengan demikian, diharapkan penerapan dan implementasi metode *Age Replacement* dapat memperoleh strategi pemeliharaan yang efektif dan efisien, serta mudah diimplementasikan pada mesin bubut *type* SS-850 di PT. Hamdan Jaya Makmur.

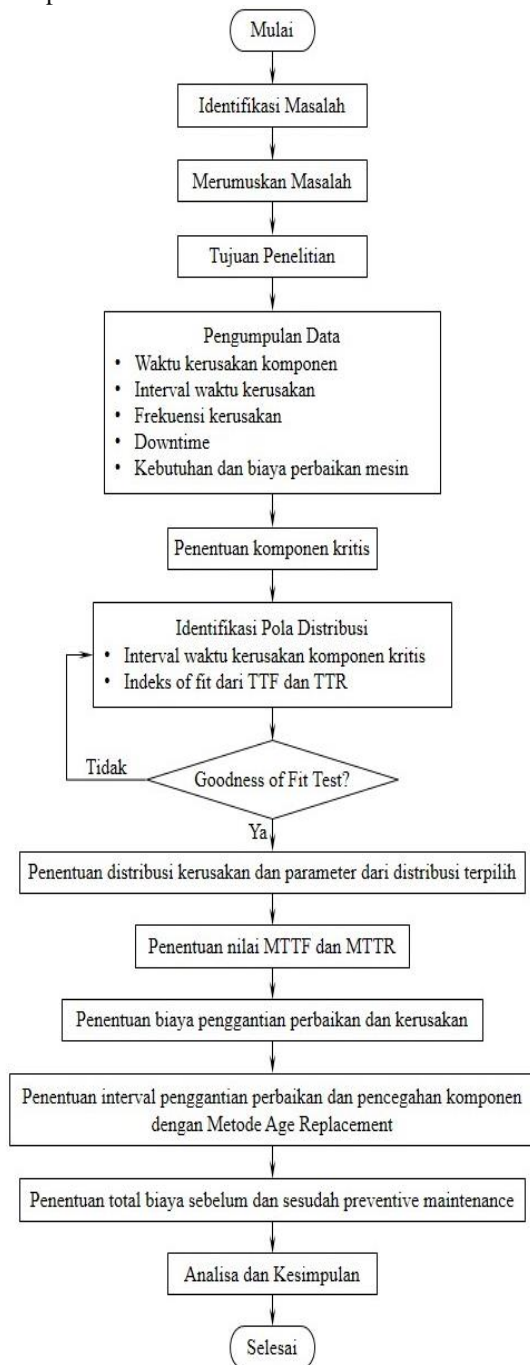
Untuk pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data historis kerusakan mesin. Data yang dikumpulkan untuk mendukung penelitian terhadap mesin bubut *type* SS-850 ini meliputi data komponen, data kerusakan komponen, data frekuensi kerusakan komponen, data interval waktu antar kerusakan, data *downtime*, dan data kebutuhan serta biaya-biaya perbaikan mesin yang dikeluarkan perusahaan saat terjadinya kerusakan.

Sedangkan tahapan pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Age Replacement*, dengan tahapan pengolahan data yang dilakukan, antara lain:

1. Penentuan komponen kritis, melalui penentuan kerusakan komponen mesin bubut *type* SS-850 sehingga dapat diketahui komponen yang mempunyai total waktu kerusakan yang tertinggi. Komponen yang kritis ditentukan berdasarkan data kerusakan komponen kritis dengan mengambil data jumlah kerusakan tiap komponen yang paling sering terjadi kerusakan dengan menggunakan diagram pareto. Data yang digunakan adalah frekuensi kerusakan dari komponen mesin bubut *type* SS-850.
2. Perhitungan interval waktu kerusakan dan perbaikan, setelah mendapatkan data yang dibutuhkan dilakukan perhitungan dan analisa data interval waktu kerusakan dan perbaikan komponen, dengan menghitung *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) komponen kritis pada mesin bubut *type* SS-850. Perhitungan TTF dilakukan dengan cara menghitung waktu dari keadaan mesin selesai diperbaiki hingga saat terjadi kerusakan selanjutnya. Sedangkan untuk TTR adalah kebalikan dari TTF yaitu dihitung dari saat mesin rusak hingga mesin selesai diperbaiki. Data yang digunakan adalah interval waktu kerusakan dan lama waktu kerusakan (*downtime*) dari komponen kritis mesin bubut *type* SS-850.
3. Identifikasi distribusi kerusakan, penentuan pola distribusi kerusakan dilakukan dengan cara melakukan perhitungan *Index of Fit* pada data waktu antar kerusakan (TTF) dan data waktu kerusakan (TTR). Perhitungan *Index of Fit* ini dilakukan dengan menggunakan empat model distribusi yaitu distribusi weibull, distribusi eksponensial, distribusi normal, dan distribusi lognormal. Setelah perhitungan *Index of Fit* dilakukan, selanjutnya dipilih nilai r terbesar dari keempat distribusi tersebut. Data yang digunakan adalah nilai TTF dan TTR dari komponen kritis mesin bubut *type* SS-850.
4. Uji kesesuaian distribusi, setelah nilai r atau *Index of Fit* yang terbesar diperoleh maka tahap selanjutnya adalah uji kesesuaian distribusi (*Goodness of Fit*). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh sesuai atau mendekati distribusi dari nilai r yang terbesar. Jika hasil perhitungan menyatakan bahwa data tersebut tidak sesuai dengan distribusi yang terpilih, maka dilakukan pengujian ulang dengan menggunakan nilai r terbesar kedua dan seterusnya hingga diperoleh kesesuaian dengan distribusi tertentu. Data yang digunakan adalah nilai TTF dan TTR dari komponen kritis mesin bubut *type* SS-850.
5. Perhitungan MTTF dan MTTR, pada tahap ini dilakukan perhitungan parameter yang sesuai dengan distribusi yang terpilih. Perhitungan parameter untuk masing-masing distribusi berbeda satu dengan yang lainnya. Parameter yang telah dihitung akan digunakan untuk menghitung nilai MTTF (*Mean Time to Failure*) dan MTTR (*Mean Time to Repair*). MTTF merupakan rata-rata waktu terjadinya kerusakan yang satu dengan yang lain, sedangkan MTTR merupakan rata-rata waktu untuk melakukan perbaikan. Data yang digunakan adalah nilai TTF, TTR dan jenis distribusi terpilih dari komponen kritis mesin bubut *type* SS-850.
6. Perhitungan biaya penggantian komponen karena perbaikan (C_p) dan biaya penggantian komponen karena kerusakan (C_f), untuk biaya penggantian komponen karena perawatan (C_p) meliputi biaya tenaga kerja (operator), biaya tenaga kerja *maintenance* atau mekanik, dan harga komponen. Sedangkan untuk biaya penggantian komponen karena kerusakan (C_f) meliputi biaya operator, biaya mekanik, biaya kehilangan produksi, dan harga komponen dimana keseluruhan biaya tersebut merupakan kerugian yang diakibatkan karena kerusakan komponen. Data yang digunakan adalah biaya teknisi, biaya operator menganggur, biaya operator lembur, harga komponen dan biaya pembelian dari komponen kritis mesin bubut *type* SS-850.
7. Penentuan interval penggantian perbaikan dan pencegahan komponen, dilakukan setelah menghitung MTTR dan MTTF, maka selanjutnya membuat penjadwalan perawatan dengan menggunakan metode *Age Replacement*, dimana metode ini bertujuan untuk meminimasi *downtime* yang terjadi. Data yang digunakan adalah nilai MTTF, MTTR, frekuensi kerusakan dan waktu operasi dari komponen kritis mesin bubut *type* SS-850.
8. Perhitungan total biaya perawatan dengan metode *Age Replacement*, dengan pendekatan penggantian pencegahan yang digunakan yaitu *Age Replacement*, dimana komponen diganti saat telah mencapai umur penggantian optimal yang telah ditentukan dengan tujuan meminimalisasi *downtime*. Perhitungan total biaya perawatan dihitung berdasarkan frekuensi penggantian optimal yang didapatkan dengan cara membagi jumlah hari kerja dalam enam bulan dengan waktu penggantian optimal (tp), *preventive replacement cost* atau ekspektasi biaya penggantian persatuan waktu $\{C(tp)\}$, dan nilai tp . Data yang digunakan adalah biaya penggantian awal (perkalian frekuensi kerusakan komponen dengan *cost of failure* komponen) dan biaya penggantian usulan (perkalian frekuensi penggantian dengan

interval waktu penggantian dan *preventive replacement cost*) dari komponen kritis mesin bubut *type SS-850*.

Tahapan penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini yang merupakan *flowchart* dari penelitian.



Gambar 1.
Flowchart Penelitian
(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Komponen Kritis

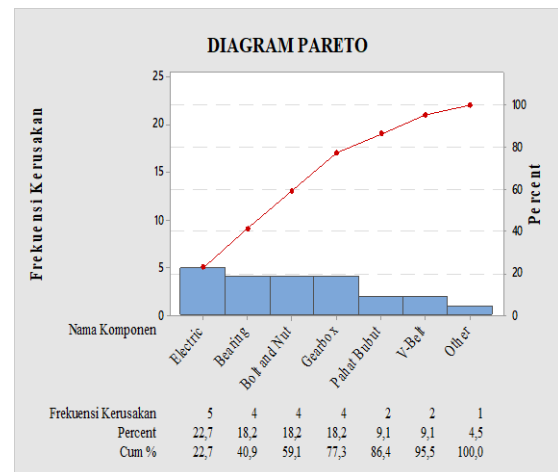
Penentuan komponen kritis pada mesin bubut *type SS-850* dilakukan dengan menggunakan diagram pareto, yang menggunakan prinsip 80:20, yang artinya 80% dari efeknya disebabkan oleh 20% dari penyebabnya (Yuri and Nurcahyo, 2013). Komponen kritis ditentukan berdasarkan frekuensi kerusakan komponen pada mesin bubut *type SS-850* seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1.
Frekuensi Kerusakan Komponen Kritis Mesin Bubut *Type SS-850*

Nama Komponen	Frekuensi		% Kumulatif
	Kerusakan	Kumulatif	
<i>Electric</i>	5	5	23
<i>Bearing</i>	4	9	41
<i>Gearbox</i>	4	13	59
<i>Bolt and Nut</i>	4	17	77
<i>V-Belt</i>	2	19	86
Pahat Bubut	2	21	95
Dinamo	1	22	100
Total	22		

(Sumber: PT. Hamdan Jaya Makmur, Data Diolah, 2021)

Berdasarkan Tabel 1 dapat dibuat diagram pareto untuk penentuan komponen kritis pada mesin bubut *type SS-850* seperti yang tertera pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2.
Diagram Pareto Komponen Kritis Mesin Bubut *Type SS-850*
(Sumber: PT. Hamdan Jaya Makmur, Data Diolah, 2021)

Berdasarkan diagram pareto pada Gambar 2, dapat diketahui komponen kritis pada mesin bubut *type SS-850* adalah komponen *electric*, *bearing*, *gearbox*, dan *bolt and nut*.

3.2 Interval Waktu antar Kerusakan dan Perbaikan

Perhitungan interval kerusakan terdiri dari perhitungan *Time to Failure* (TTF) dan *Time to*

Repair (TTR) pada komponen kritis mesin bubut type SS-850. Dimana TTF merupakan interval waktu kerusakan antara saat terjadi kerusakan awal yang telah diperbaiki hingga kerusakan yang kembali terjadi. Sedangkan TTR merupakan downtime atau lama waktu perbaikan agar mesin dapat beroperasi kembali (Mutiara, Rahman and Hamdala, 2014). Untuk interval waktu antar kerusakan (TTF) dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan untuk interval waktu anatar perbaikan (TTR) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2.
Data Interval Waktu Antar Kerusakan (TTF)

No.	Tanggal Kerusakan	TTF (Hari)	Tanggal Kerusakan	TTF (Hari)
<i>Electric</i>		<i>Bearing</i>		
1.	04/11/2020	-	21/12/2020	-
2.	11/01/2021	67	19/01/2021	28
3.	23/02/2021	42	15/02/2021	26
4.	18/03/2021	25	02/03/2021	17
5.	27/04/2021	39	-	-
<i>Gearbox</i>		<i>Bolt and Nut</i>		
1.	14/12/2020	-	02/12/2020	-
2.	02/02/2021	48	26/01/2021	54
3.	09/03/2021	37	22/03/2021	56
4.	19/04/2021	40	17/04/2021	25
5.	-	-	-	-

(Sumber: PT. Hamdan Jaya Makmur, Data Diolah, 2021)

Tabel 3.
Data Interval Waktu Antar Perbaikan (TTR)

No.	Tanggal Kerusakan	TTF (Hari)	Tanggal Kerusakan	TTF (Hari)
<i>Electric</i>		<i>Bearing</i>		
1.	04/11/2020	0,968	21/12/2020	0,616
2.	11/01/2021	0,682	19/01/2021	0,572
3.	23/02/2021	0,745	15/02/2021	0,577
4.	18/03/2021	0,826	02/03/2021	0,593
5.	27/04/2021	0,691	-	-
<i>Gearbox</i>		<i>Bolt and Nut</i>		
1.	14/12/2020	0,535	02/12/2020	0,534
2.	02/02/2021	0,529	26/01/2021	0,522
3.	09/03/2021	0,554	22/03/2021	0,530
4.	19/04/2021	0,544	17/04/2021	0,542
5.	-	-	-	-

(Sumber: PT. Hamdan Jaya Makmur, Data Diolah, 2021)

3.3 Index Of Fit

Perhitungan nilai *index of fit* pada komponen kritis mesin bubut type SS-850 digunakan untuk menentukan pola distribusi kerusakan dengan berdasarkan nilai *index of fit* (r) terbesar (Ebeling, 1997). Perhitungan *Index of Fit* (r) pada komponen kritis menggunakan data TTF dan TTR dengan distribusi weibull, distribusi eksponensial, distribusi normal, dan distribusi lognormal. Untuk hasil perhitungan *index of fit* dengan data TTF dapat dilihat pada Tabel 4, sedangkan untuk hasil

perhitungan *index of fit* dengan data TTR dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil perhitungan *index of Fit* pada komponen kritis mesin bubut type SS-850 diperoleh pada komponen *electric* data TTF dan TTR berdistribusi eksponensial, komponen *bearing* data TTF berdistribusi weibull dan data TTR berdistribusi eksponensial, komponen *gearbox* data TTF berdistribusi eksponensial dan data TTR berdistribusi lognormal, dan pada komponen *bolt and nut* data TTF berdistribusi weibull dan data TTR berdistribusi lognormal.

Tabel 4.
Hasil Perhitungan Index of Fit dengan Data TTF

Komponen	Distribusi	Index of Fit	Nilai (r) Terbesar dan Distribusi Terpilih
<i>Electric</i>	Weibull	0,9725	0,9798 Eksponensial
	Eksponensial	0,9798	
	Normal	0,9617	
	Lognormal	0,9786	
<i>Bearing</i>	Weibull	0,9545	0,9545 Weibull
	Eksponensial	0,8619	
	Normal	0,9387	
	Lognormal	0,9266	
<i>Gearbox</i>	Weibull	0,9523	0,9970 Eksponensial
	Eksponensial	0,9970	
	Normal	0,9672	
	Lognormal	0,9742	
<i>Bolt and Nut</i>	Weibull	0,9207	0,9207 Weibull
	Eksponensial	0,7987	
	Normal	0,8934	
	Lognormal	0,8853	

(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

Tabel 5.
Hasil Perhitungan Index of Fit dengan Data TTR

Komponen	Distribusi	Index of Fit	Nilai (r) Terbesar dan Distribusi Terpilih
<i>Electric</i>	Weibull	0,9092	0,9957 Eksponensial
	Eksponensial	0,9957	
	Normal	0,9428	
	Lognormal	0,9536	
<i>Bearing</i>	Weibull	0,9358	0,9971 Eksponensial
	Eksponensial	0,9971	
	Normal	0,9662	
	Lognormal	0,9681	
<i>Gearbox</i>	Weibull	0,9781	0,9939 Lognormal
	Eksponensial	0,9883	
	Normal	0,9934	
	Lognormal	0,9939	
<i>Bolt and Nut</i>	Weibull	0,9893	0,9965 Lognormal
	Eksponensial	0,9764	
	Normal	0,9964	
	Lognormal	0,9965	

(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

3.4 Uji Kesesuaian Distribusi (Goodness of Fit)

Uji kesesuaian distribusi (*Goodness of Fit*) dilakukan berdasarkan distribusi terpilih dari hasil perhitungan *Index of Fit* (Ebeling, 1997). Hasil uji kesesuaian distribusi (*Goodness of Fit*) data TTF

komponen kritis mesin bubut *type* SS-850 dapat dilihat pada Tabel 6, sedangkan hasil uji kesesuaian distribusi (*Goodness of Fit*) data TTR komponen

kritis mesin bubut *type* SS-850 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6.

Hasil Uji Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit*) Data TTF

Komponen	Distribusi Terpilih	Uji Kesesuaian Distribusi	Nilai Kriteria	Nilai Perhitungan	Hasil Uji Kesesuaian
<i>Electric</i>	Ekspensial	<i>Bartlett's Test</i>	0,2158 – 9,3484	0,4025	Terima H_0
<i>Bearing</i>	Weibull	<i>Mann's Test</i>	19,2	0,3974	Terima H_0
<i>Gearbox</i>	Ekspensial	<i>Bartlett's Test</i>	0,0506 – 7,378	0,0296	Tolak H_0
	Lognormal	<i>Kolmogorov-Smirnov Test</i>	0,404	0,2694	Terima H_0
<i>Bolt and Nut</i>	Weibull	<i>Mann's Test</i>	19,2	0,1076	Terima H_0

(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

Tabel 7.

Hasil Uji Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit*) Data TTR

Komponen	Distribusi Terpilih	Uji Kesesuaian Distribusi	Nilai Kriteria	Nilai Perhitungan	Hasil Uji Kesesuaian
<i>Electric</i>	Ekspensial	<i>Bartlett's Test</i>	0,4884 – 11,1433	0,0724	Tolak H_0
	Lognormal	<i>Kolmogorov-Smirnov Test</i>	0,343	0,2086	Terima H_0
<i>Bearing</i>	Ekspensial	<i>Bartlett's Test</i>	0,2158 – 9,3484	0,0028	Tolak H_0
	Lognormal	<i>Kolmogorov-Smirnov Test</i>	0,371	0,2313	Terima H_0
<i>Gearbox</i>	Lognormal	<i>Kolmogorov-Smirnov Test</i>	0,371	0,1884	Terima H_0
<i>Bolt and Nut</i>	Lognormal	<i>Kolmogorov-Smirnov Test</i>	0,371	0,1597	Terima H_0

(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui bahwa *goodness of fit* untuk data TTF komponen *electric* berdistribusi ekspensial (sama dengan hasil *index of fit*), komponen *bearing* berdistribusi weibull (sama dengan hasil *index of fit*), komponen *gearbox* berdistribusi lognormal (berbeda dengan hasil *index of fit* yaitu ekspensial), dan komponen *bolt and nut* berdistribusi weibull (sama dengan hasil *index of fit*).

Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui bahwa *goodness of fit* untuk data TTR komponen *electric* berdistribusi lognormal (berbeda dengan hasil *index of fit* yaitu ekspensial), komponen *bearing* berdistribusi lognormal (berbeda dengan hasil *index of fit* yaitu ekspensial), komponen *gearbox* berdistribusi lognormal (sama dengan hasil *index of fit*), dan komponen *bolt and nut* berdistribusi lognormal (sama dengan hasil *index of fit*).

3.5 Parameter Distribusi

Parameter distribusi kerusakan dihitung berdasarkan pola distribusi terpilih, adapun perhitungan parameter distribusi terpilih bertujuan untuk mengetahui laju kerusakan komponen dan

pendukung untuk perhitungan fungsi distribusi (Ekawati, Kusmaningrum and Mustofa, 2016). Perhitungan parameter ini berdasarkan distribusi yang digunakan. Parameter-parameter ini akan digunakan pada perhitungan dalam pengujian *goodness of fit*, perhitungan MTTF dan MTTR (Mutiarra, Rahman and Hamdala, 2014). Parameter distribusi ditentukan berdasarkan hasil uji kesesuaian distribusi (*Goodness of Fit*). Hasil penentuan parameter distribusi data TTF dan data TTR komponen kritis mesin bubut *type* SS-850 dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8.

Hasil Penentuan Parameter Distribusi Data TTF Komponen Kritis Mesin Bubut *Type* SS-850

Komponen	Distribusi	Parameter
<i>Electric</i>	Ekspensial	$\lambda = 0,0231$
<i>Bearing</i>	Weibull	$\theta = 26,1341$; $\beta = 3,7580$
<i>Gearbox</i>	Lognormal	$t_{med} = 41,4160$; $s = 0,1091$
<i>Bolt and Nut</i>	Weibull	$\theta = 51,6023$; $\beta = 2,3031$

(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

Tabel 9.
Hasil Penentuan Parameter Distribusi Data TTR Komponen Kritis Mesin Bubut *Type* SS-850

Komponen	Distribusi	Parameter
<i>Electric</i>	Lognormal	$t_{med} = 0,7756 ;$ $s = 0,1301$
<i>Bearing</i>	Lognormal	$t_{med} = 0,5892 ;$ $s = 0,0291$
<i>Gearbox</i>	Lognormal	$t_{med} = 0,5407 ;$ $s = 0,0174$
<i>Bolt and Nut</i>	Lognormal	$t_{med} = 0,5321 ;$ $s = 0,0137$

(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

3.6 Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR)

Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) pada komponen *electric*, *bearing*, *gearbox*, dan *bolt and nut* dilakukan berdasarkan distribusi terpilih dari hasil *goodness of fit* dan parameter distribusi pada setiap masing-masing komponen (Mutiarra, Rahman and Hamdala, 2014). Hasil perhitungan MTTF dan MTTR komponen kritis mesin bubut *type* SS-850 dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10.
Hasil Perhitungan MTTF dan MTTR Komponen Kritis Mesin Bubut *Type* SS-850

Komponen	MTTF (Hari)	MTTR (Hari)
<i>Electric</i>	43,2500	0,7822
<i>Bearing</i>	23,6051	0,5894
<i>Gearbox</i>	41,6630	0,5408
<i>Bolt and Nut</i>	45,7167	0,5321

(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

Waktu penggantian pencegahan (T_p) merupakan waktu yang dimulai dari awal penggantian komponen kritis tanpa terjadi kerusakan hingga alat dapat digunakan kembali, sedangkan untuk waktu penggantian kerusakan (T_f) merupakan waktu yang dimulai dari awal kerusakan hingga alat dapat berfungsi kembali. Perhitungan T_p dan T_f merupakan data waktu yang nantinya digunakan untuk menghitung biaya penggantian perbaikan (C_p) dan biaya penggantian kerusakan (C_f), serta menghitung interval penggantian pencegahan dan biaya perawatan penggantian pencegahan dengan metode *Age Replacement* (Jardine and Tsang, 2013). Pada Tabel 11 merupakan hasil perhitungan T_p dan T_f dari komponen kritis mesin bubut *type* SS-850.

Tabel 11.
Hasil Perhitungan T_p dan T_f Komponen Kritis Mesin Bubut *Type* SS-850

Komponen	T_p (jam)	T_f (jam)
<i>Electric</i>	3,754	11,059
<i>Bearing</i>	3,537	10,012
<i>Gearbox</i>	3,245	19,260
<i>Bolt and Nut</i>	3,193	21,478

(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

3.8 Biaya Penggantian Perbaikan (*Cost of Preventive*) dan Biaya Penggantian Kerusakan (*Cost of Failure*)

Perhitungan *Cost of Preventive* (C_p) dan *Cost of Failure* (C_f) berkaitan dengan biaya perbaikan dan biaya kerusakan yang dikeluarkan perusahaan (Jardine and Tsang, 2013). Biaya penggantian perbaikan dan kerusakan terdiri dari biaya teknisi, biaya pembelian komponen, biaya operator menganggur, biaya operator lembur, dan biaya pembelian komponen yang ikut diganti. Pada Tabel 12 merupakan hasil perhitungan C_p dan C_f pada komponen kritis mesin bubut *type* SS-850.

Tabel 12.
Hasil Perhitungan C_p dan C_f Komponen Kritis Mesin Bubut *Type* SS-850

Komponen	C_p	C_f
<i>Electric</i>	Rp.922.900	Rp.1.580.299
<i>Bearing</i>	Rp.1.093.289	Rp.2.126.073
<i>Gearbox</i>	Rp.5.367.032	Rp.6.808.392
<i>Bolt and Nut</i>	Rp.542.347	Rp.2.188.055

(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

3.9 Interval Waktu Penggantian Pencegahan dan Total Biaya Perawatan dengan Metode *Age Replacement*

Metode *Age Replacement* yang digunakan bertujuan untuk meminimasi *downtime* yang terjadi. Interval penggantian pencegahan ditentukan dengan melakukan perhitungan yang bersifat *trial and error*, hingga diperoleh biaya perawatan yang paling minimum (Jardine and Tsang, 2013). Pada Tabel 13 merupakan hasil perhitungan interval penggantian pencegahan komponen kritis mesin bubut *type* SS-850.

Tabel 13.
Hasil Perhitungan Interval Waktu dan Biaya Penggantian Pencegahan Komponen Kritis Mesin Bubut *Type* SS-850

Komponen Kritis	Interval Waktu Penggantian Pencegahan (hari)	Total Biaya Perawatan ($C(t_p)$) (Rp)
<i>Electric</i>	15	18.670.783
<i>Bearing</i>	14	29.357.079
<i>Gearbox</i>	33	70.433.532
<i>Bolt and Nut</i>	11	9.789.675

(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

Total biaya perawatan yang terdapat pada Tabel 13 merupakan biaya perawatan yang dikeluarkan perusahaan sesuai dengan frekuensi kerusakan yang terjadi jika menggunakan metode *Age Replacement*.

Tabel 14.
Perbandingan Biaya Perawatan Awal dengan Biaya Perawatan Metode *Age Replacement*

Komponen	Biaya Perawatan		Penurunan Biaya (%)
	Kondisi Awal (Rp/sekali perawatan)	Metode <i>Age Replacement</i> (Rp/sekali perawatan)	
<i>Electric</i>	7.901.495	3.080.679	61,01
<i>Bearing</i>	8.504.291	4.931.989	42,01
<i>Gearbox</i>	27.233.568	11.621.532	57,33
<i>Bolt and Nut</i>	8.752.219	1.615.296	81,54

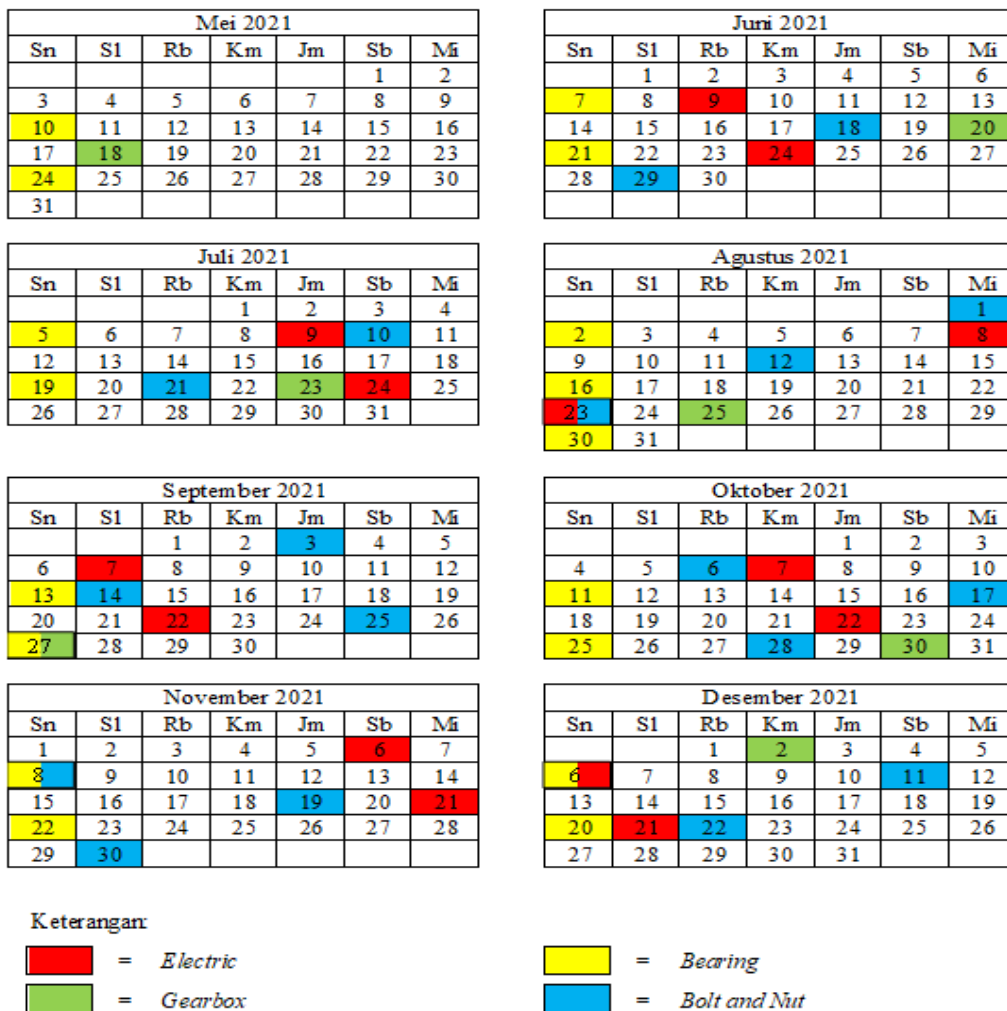
(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

Tujuan akhir dari perhitungan biaya perawatan adalah membandingkan biaya perawatan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance* dengan penerapan metode *Age Replacement*, dengan membandingkan hasil akhir berupa penghematan yang dilakukan dan presentase penurunannya. Pada Tabel 14 merupakan perbandingan biaya perawatan kondisi awal dan biaya perawatan dengan metode *Age Replacement* pada komponen kritis mesin bubut *type SS-850*.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan pada salah satu mesin di PT. Hamdan Jaya Makmur, yaitu dengan penerapan metode *Age Replacement* pada komponen kritis mesin bubut *type SS-850* dapat diketahui bahwa komponen *electric* memiliki interval waktu pengganti pencegahan dan perbaikan dalam 15 hari dengan penghematan biaya sebesar 61,01%, untuk komponen *bearing* memiliki interval waktu pengganti pencegahan dan perbaikan dalam 14 hari dengan penghematan biaya sebesar 42,01%, untuk komponen *gearbox* memiliki interval waktu pengganti pencegahan dan perbaikan dalam 33 hari dengan penghematan biaya sebesar 57,33%, dan untuk komponen *bolt and nut* memiliki interval waktu pengganti pencegahan dan perbaikan dalam 11 hari dengan penghematan biaya sebesar 81,54%.

Untuk jadwal penggantian pencegahan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3.
Jadwal Penggantian Pencegahan Komponen Kritis Mesin Bubut *Type SS-850*
(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk mengatasi keterbatasan yang ada dalam penelitian ini yaitu untuk penelitian selanjutnya pada bidang yang sama dapat menghitung biaya perawatan dan interval waktu penggantian pencegahan dan perbaikan pada mesin dan komponen-komponen lainnya, penggunaan data yang lebih banyak dan dengan jangka waktu yang lebih panjang, serta dapat menggunakan alternatif metode lainnya seperti metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*, *Critical Importance Analysis*, *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, dan lainnya.

5. REFERENSI

- Alwi, M. R. (2016) 'Reliability Centered Maintenance Dalam Perawatan F.O. Service Pump Sistem Bahan Bakar Kapal Ikan', *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK)*, 14(1), pp. 77–86.
- Anggraini, M. and Maulana, R. (2016) 'Pengaruh Pemeliharaan Mesin Terhadap Kualitas Sepatu Pada PT. Nikomas Gemilang', *Sains: Jurnal Manajemen dan Bisnis*, 9(1), pp. 59–74. doi: <http://dx.doi.org/10.35448/jmb.v9i1.5356>.
- Baker, K. R. and Trietsch, D. (2019) *Principles of Sequencing and Scheduling*. Second. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Ebeling, C. E. (1997) *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: McGraw Hill Companies.
- Ekawati, C., Kusmaningrum and Mustofa, F. H. (2016) 'Jadwal Perawatan Preventive Pada Mesin Dyeing Menggunakan Metode Age Replacement di PT. Nobel Industries', *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 4(2), pp. 137–148.
- Jardine, A. K. S. and Tsang, A. H. C. (2013) *Maintenance, Replacement, and Reliability Theory and Applications*. Second Edi. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. doi:(<https://doi.org/10.1201/9780429021565>).
- Jia, X. *et al.* (2015) 'Group Maintenance Policy for Mechanical Products Based on Age Replacement', *Proceedings of the 5th International Conference on Civil Engineering and Transportation 2015*. Guangzhou: Atlantis Press, pp. 1869–1877. doi:(<https://doi.org/10.2991/iccet-15.2015.349>).
- Kurniawan and Rumita, R. (2014) 'Perencanaan Sistem Perawatan Mesin Urbannye dengan menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) (Studi Kasus di departmen produksi PT. Masscom Graphy, Semarang)', *Industrial Engineering Online Journal*, 3(4), pp. 1–8.
- Mutiara, S. D., Rahman, A. and Hamdala, I. (2014) 'Perencanaan Preventive Maintenance Komponen Cane Cutter I dengan Pendekatan Age Replacement (Studi Kasus di PG Kebon Agung Malang)', *Jurnal Reayasa dan Manajemen Sistem Industri (JRMSI)*, 2(2), pp. 396–405.
- Praharsi, Y., Sriwana, I. K. and Sari, D. M. (2015) 'Perancangan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada PT. Artha Prima Sukses Makmur', *Jurnal Ilmiah Teknik Industri (JITI)*, 14(1), pp. 59–65. doi: <https://doi.org/10.23917/jiti.v14i1.624>.
- Prihastono, E. and Prakoso, B. (2017) 'Perawatan Preventif Untuk Mempertahankan Utilitas Performance Pada Mesin Cooling Tower di CV. Arhu Tapselindo Bandung', *Dinamika Teknik*, 10(2), pp. 17–27.
- Purnama, J., Putra, Y. A. and Kalamollah, M. (2015) 'Metode Age Replacement Digunakan Untuk Menentukan Interval Waktu Perawatan Mesin Pada Armada Bus', in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya ISBN*. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, pp. 115–126.
- Putro, N. H. (2017) 'Pelaksanaan Maintenance Dalam Menunjang Kelancaran Proses Produksi Pada Perusahaan PT. Petrokimia Gresik', *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Ekonomi dan Bisnis*, 5(2).
- Rachman, T. and Nugraha, A. W. (2018) 'Pengukuran Overall Equipment Effectiveness (OEE) Untuk Perbaikan Proses Manufaktur Mesin Bead Grommet', *Jurnal Inovisi*, 14(1), pp. 1–11.
- Sodikin, I. (2008) 'Penentuan Interval Perawatan Preventif Komponen Elektrik Dan Komponen Mekanik Yang Optimal Pada Mesin Excavator Seri PC 200-6 Dengan Pendekatan Model Jardine', *Jurnal Teknologi*, 1(2), pp. 150–63.
- Vidiasari, D., Soemadi, K. and Mustofa, F. H. (2015) 'Interval Waktu Penggantian Pencegahan Optimal Komponen Sistem Printing Unit U41 Menggunakan Metode Age Replacement Di PT. Pikiran Rakyat', *Reka Integra: Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 03(01), pp. 152–163.
- Yuri, T. M. Z. and Nurcahyo, R. (2013) *TQM Manajemen Kualitas Total Dalam Perspektif Teknik Industri*. Jakarta: PT. Indeks.