

Perancangan Sistem Informasi Jadwal Perawatan Mesin Untuk Meminimasi Troubleshooting Mesin Produksi PT.XYZ

Muhamad Saeful Anwar¹, Hadi Setiawan², Nurul Umami³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

muhamadsaefulanwar@gmail.com¹, hadi_s@ft-untirta.ac.id², t_ummi@yahoo.com³

ABSTRAK

Ketersediaan dan kesiapan mesin merupakan hal yang penting untuk membantu kelancaran proses produksi, sehingga dibutuhkan pemeliharaan yang teratur dan terencana. Hal yang sangat penting dalam manajemen perawatan adalah untuk meminimasi kerusakan dengan melakukan preventive maintenance pada mesin produksi. Untuk mencapai hal itu maka mesin penunjang proses produksi ini harus selalu dilakukan perawatan yang teratur dan terencana. PT.XYZ merupakan salah satu perusahaan bergerak dalam bidang industri, terdapat beberapa masalah yang ada pada PT.XYZ antara lain perawatan yang dilakukan masih dilakukan berdasarkan kerusakan mesin sehingga sering terjadi kerusakan mesin pada saat proses produksi berlangsung. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah Merancang sistem informasi kegiatan perawatan yang terintegrasi dengan baik. Pada penelitian ini, dibuat sebuah aplikasi sistem informasi yang akan mempermudah divisi maintenance dalam aktivitas perawatan mesin. Perancangan sistem informasi dilakukan sampai pada tahap pengembangan sistem berupa aplikasi program sistem informasi. Aplikasi sistem informasi tersebut terdiri dari suatu program berbasis data menggunakan microsoft access dan perhitungan reliabilitas mesin menggunakan microsoft excel berdasarkan nilai Mean Time Between Failure (MTBF) sebagai pedoman dalam menentukan interval waktu perawatan Adapun Jadwal perawatan mesin pond adalah setiap 16 hari, Mesin turret adalah setiap 29 hari, Mesin grinding adalah setiap 20 hari, dan mesin cutting adalah setiap 12 hari. Sistem informasi perawatan mesin ini diharapkan mampu menunjang proses perencanaan kegiatan perawatan dan menjadikan proses perbaikan lebih efektif, sehingga dapat meningkatkan produktivitas mesin.

Kata kunci: sistem informasi, preventive maintenance, perawatan mesin, mean time between failure, reabilitas

PENDAHULUAN

Perawatan di suatu industri merupakan salah satu faktor yang penting dalam mendukung proses produksi yang mempunyai daya saing di pasaran. Oleh karena itu proses produksi harus didukung oleh peralatan yang siap bekerja setiap saat dan handal. Untuk mencapai hal itu maka peralatan-peralatan penunjang proses produksi ini harus selalu dirawat secara teratur dan terencana serta untuk mengetahui besarnya perhatian pabrik dalam menerapkan sistem manajemen pemeliharaan mesinnya.

Dalam perusahaan industri, salah satu perawatan yang harus diperhatikan adalah perawatan terhadap mesin-mesin yang dimilikinya. Ada beberapa macam sistem perawatan yang dapat diterapkan antara lain : sistem perawatan sesudah rusak dan sistem perawatan secara rutin. Namun pada sistem perawatan sesudah rusak ini dapat menyebabkan kerugian yang dialami perusahaan dikarenakan proses perawatan seperti itu mengganggu keberlangsungan proses produksi. Sistem perawatan mesin yang baik adalah berdasarkan jam operasi sesuai dengan petunjuk pabrikan untuk menghindari kerugian yang lebih besar.

PT.XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri khususnya dalam

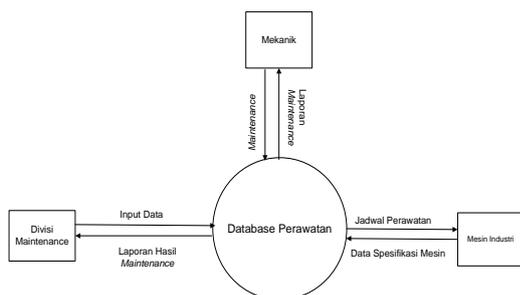
produksi komponen alat pengangkutan berat. Divisi maintenance merupakan divisi yang menangani kegiatan perawatan mesin-mesin produksi. Kondisi saat ini perawatan mesin pada perusahaan ini yaitu menunggu jika ada kerusakan mesin sehingga jika produksi sedang berlangsung dan mesin mengalami kerusakan kondisi ini menyebabkan terganggunya proses keberlangsungan produksi pada perusahaan. Oleh karena itu, perusahaan membutuhkan sebuah sistem informasi yang mampu mendukung kegiatan perawatan mesin produksi sehingga data yang ada dapat dikelola menjadi informasi yang berguna dan bisa dijadikan sebagai pertimbangan untuk mengambil kebijakan perawatan mesin. kegiatan perawatan ini bersifat pencegahan untuk menjamin kelangsungan proses yang berkaitan dengan keputusan perawatan yang dijalankan pada perusahaan.

Hasil dari penelitian ini adalah berupa aplikasi program sistem informasi *database* jadwal perawatan mesin yang menyediakan fasilitas untuk mengelola informasi perawatan mesin produksi secara sederhana dan cepat, pelaporan mesin produksi yang *breakdown*, fungsi untuk menampilkan jadwal kegiatan pemeliharaan bulanan, memenuhi kebutuhan akan data-data *maintenance* dan *breakdown* dengan lebih detail,

kemudahan akses, kemudahan dalam pembuatan laporan-laporan, dan kemudahan pencarian data. Adapun mesin yang dijadikan objek penelitian adalah mesin yang digunakan dalam proses produksi antara lain : *pond, grinding, cutting, dan turret*. mesin yang digunakan sering mengalami *downtime* berdasarkan historis dari perusahaan. Oleh sebab itu, perlu adanya perhitungan mengenai jadwal perawatan mesin. Pada penelitian ini akan diberikan solusi berupa suatu aplikasi yang dapat memantau penjadwalan proses perawatan mesin industri di PT.XYZ. Sistem ini akan dikembangkan dengan prosedur proses jadwal perawatan sehingga dapat mempermudah divisi maintenance dalam proses perawatan mesin. Dengan aplikasi ini mesin-mesin industri dan peralatan lainnya selalu dalam keadaan siap pakai secara optimal, dan mempermudah divisi *maintenance* dalam melakukan perawatan mesin.

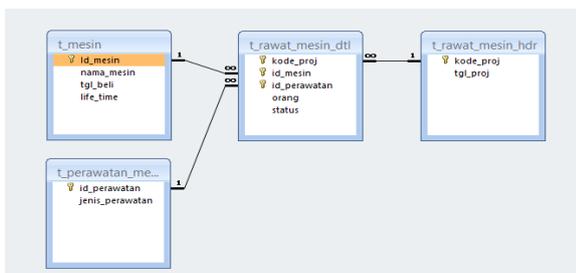
METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data untuk mengetahui data perawatan dan perbaikan mesin yang ada di lapangan. Kemudian mengetahui aliran data dari komponen-komponen yang dimiliki oleh sistem saat ini, dibuat suatu data flow diagram seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. DFD Konteks

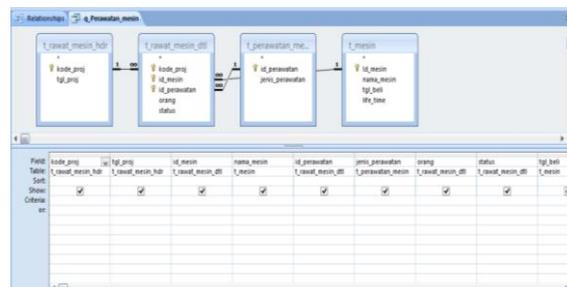
Dari gambar 1 terlihat bahwa database berisi data-data laporan kerusakan, permintaan *spare part*, dan laporan perbaikan. Langkah berikutnya adalah merancang database menggunakan *microsoft access* yang berisi tabel-tabel yang saling berhubungan (ERD) seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram ER

Terdapat 4 tabel yaitu *tbl_rawat_mesin_hdr*, *t_rawat_mesin_dtl*, *t_perawatan_mein*, dan *t_mesin*.

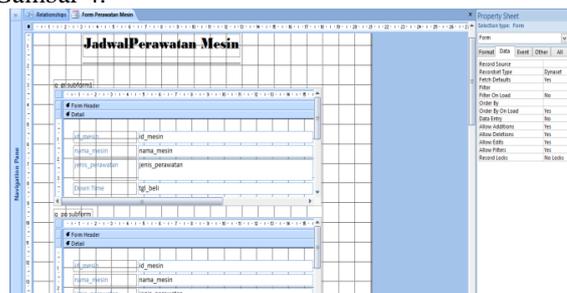
Setelah tabel-tabel di atas sudah terelasikan maka dibuat *query* untuk mengolah data dengan rumusan program *database* sehingga menjadi satu informasi yang bisa dimengerti. Seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Query

Pada pembuatan *query* ini berdasarkan kebutuhan pengelompokan jenis data yang dibutuhkan. Contohnya seperti mengelompokkan jadwal permintaan barang berdasarkan surat perintah, komponen mesin, dan karyawan.

Setelah selesai membuat *query* maka selanjutnya membuat form, form fungsinya untuk menginput data dan mempresentasikan hasil olahan. Seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Form

Pada pembuatan desain *form* ini disesuaikan dengan kebutuhan tampilan input data yang dibutuhkan.

Setelah desain database telah selesai kemudian membuat jadwal perawatan dengan perhitungan *Mean Time Between Failure*. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan ini adalah data waktu kejadian mesin mengalami perbaikan. Dari data waktu yang diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data dengan pertama mengelompokkan waktu kejadian berdasarkan bagian mesin yang ada, kemudian dari data tersebut dihitung waktu antar kerusakan (TBF). Dari data waktu antar kerusakan kemudian menghitung *index of fit* dengan *least square* untuk identifikasi awal pola distribusi data waktu antar kerusakan, berikut tahapan dalam menghitung *index of fit*:

Nilai tengah (*median rank*)

$$F(t_i) = \frac{(i-0,3)}{(n+0,4)} \tag{1}$$

i = data waktu ke – *t*
n = jumlah data

Index of fit

$$\frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i \sum y_i)}{\sqrt{\{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)\{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}} \quad (2)$$

Identifikasi distribusi yang sering dipakai adalah distribusi normal, lognormal, eksponensial dan weibull. Setelah dilakukan identifikasi kemudian dilakukan uji hipotesa dengan uji *googuntuk* memastikan distribusi yang sesuai dengan data yang ada. Berikut uji hipotesa yang dipakai untuk keempat distribusi tersebut:

Uji *Kolmogorov-Smirnov* Untuk Distribusi Normal dan Lognormal:

$$D_n = \left\{ \phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right\}, \left\{ \frac{i}{n} - \phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right\} \quad (3)$$

$$\text{Dengan } \bar{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}$$

Uji Bartlett Untuk Distribusi Eksponensial:

$$B = \frac{\left[\ln \left(\frac{1}{r} \right) (\sum_{i=1}^r t_i) - \left(\frac{1}{r} \right) (\sum_{i=1}^r \ln t_i) \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad (4)$$

t_i adalah waktu dan r adalah jumlah kerusakan dengan wilayah kritis

$$X^2_{1-\alpha/2, r-1} < B < X^2_{\alpha/2, r-1}$$

Uji Mann's Test Untuk Distribusi *Weibull*:

$$M = \frac{K_2 \sum_{i=1}^{r-1} K_{1-i} + 1 \left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{K_2 \sum_{i=1}^{K_1} K_{1-i} + 1 \left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]} \quad (5)$$

$$\text{Dengan } K_1 = [r/2]$$

$$K_2 = [(r-1)/2]$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right]$$

Dengan r adalah jumlah kerusakan. Wilayah kritis terdapat pada $M < F_{\text{erit}} (\alpha, V1, V2)$. F_{erit} diperoleh dari $V1 = 2k_2$ dan $V2 = 2k_1$.

Setelah diketahui pola distribusi dari data yang diperoleh kemudian melakukan perhitungan parameter. Dengan parameter tersebut kemudian melakukan perhitungan untuk mengetahui waktu rata – rata antar kerusakan (MTBF) dan reliabiliti nya.

Untuk mendapatkan rata – rata waktu antar kerusakan dengan distribusi weibull menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= \theta \Gamma(x) \\ &= \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

Dengan parameter yang sama yang telah diperoleh, kemudian menghitung reliabilitas (keandalan) untuk setiap bagian mesin. Reliabilitas ini menunjukkan seberapa mampu mesin berfungsi tanpa terjadinya kegagalan. Berikut rumus yang dipakai

Perhitungan *Reliability*

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (7)$$

Dengan :

t = rata – rata waktu antar kerusakan

Setelah diperoleh nilai waktu antar kerusakan (MTBF) dan Reliability, menjadi acuan sebagai total waktu perawatan dan utilitas untuk setiap bagian mesin untuk dijadikan jadwal perawatan pada sistem informasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi ini terdiri dari beberapa tabel, *query* dan *form*. tabel pada aplikasi ini antara lain: tabel perawatan mesin, tabel mesin, dan tabel mesin *detail*. Form proses perawatan antara lain : form menu utama, form jadwal perawatan mesin, form permintaan pemeliharaan. Adapun *query* pada aplikasi ini dalam mendukung proses perawatan adalah *query* perawatan mesin.

Adapun hasil desain tabel, *query* dan *form* pada aplikasi ini sebagai berikut :



Gambar 5. Hasil Desain *form* Menu Utama

Pada gambar 5. Form menu utama adalah tampilan utama/header pada aplikasi ini. Fungsi menu utama adalah sebagai peta atau mapping dalam struktur aplikasi yang dibuat sehingga dapat mempermudah user dalam menjalankan aplikasi.

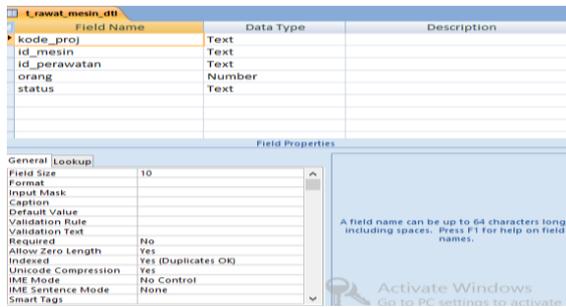
Adapun langkah-langkah dalam pembuatan sistem informasi perawatan mesin sebagai berikut:

Pembuatan Tabel Perawatan Mesin

Langkah pertama tentukan *field name* pada *record field name* yaitu ketik “**kode_proj**” (kode project).

- 1) Kemudian data *type* diganti “*text*”. dengan *field size* 10, *required* “no”, *allow zero length* “yes”, *indexed* “yes (*duplicates ok*)”, *unicode compression* “yes”, *ime mode* “no control”, *ime sentence mode* “none”.

- Langkah kedua sama dengan langkah pertama yaitu *field name* pada *record field name* yaitu “**id_mesin**” (identitas mesin).
- Kemudian data *type* diganti “**text**”. dengan *field size* **10**, *required* “**no**”, *allow zero length* “**yes**”, *indexed* “**yes (duplicates ok)**”, *unicode compression* “**yes**”, *ime mode* “**no control**”, *ime sentence mode* “**none**”.
- Langkah ke tiga sama dengan langkah pertama yaitu *field name* pada *record field name* yaitu “**id_perawatan**” (identitas perawatan).
- Kemudian data *type* diganti “**text**”. dengan *field size* **8**, *required* “**no**”, *allow zero length* “**yes**”, *indexed* “**no**”, *unicode compression* “**yes**”, *ime mode* “**no control**”, *ime sentence mode* “**none**”.
- Langkah ke empat sama dengan langkah pertama yaitu *field name* pada *record field name* yaitu “**status**”
- Kemudian data *type* diganti “**text**”. dengan *field size* **1**, *required* “**no**”, *allow zero length* “**yes**”, *indexed* “**no**”, *unicode compression* “**yes**”, *ime mode* “**no control**”, *ime sentence mode* “**none**”.



Gambar 6. Design Tabel Perawatan Mesin

Pembuatan Query Perawatan Mesin :

- Langkah pertama klik *create query by using wizard*, kemudian di tabel *simple query wizard* isi *table/ queries* isikan dengan *q_lap_kerusakan*, kemudian di tabel *q_lap_kerusakan* : *select query*, klik kanan pada luar tabel *perawatan_mesin* kemudian klik *show table* kemudian pilih tabel *kode_proj*, *tgl_proj*, *id_mesin*, *id_perawatan*, *jenis_perawatan*, *tgl_beli*, *tanggal_perawatan*.

Gambar 7. Design Query Perawatan Mesin

Pembuatan Form Perawatan:

- Langkah pertama klik *create form by using wizard*, kemudian di kotak dialog *form wizard*, *table/queries* diganti dengan tabel *t_permintaan_pemeliharaan*, kemudian pada kolom *available fields* memasukan semua *field* ke *selected fields* dengan menggunakan tombol “>>”, klik *next*, pilih *columnar*, klik *next* pilih *international*, klik *next* lalu *finish*.



Gambar 8. Design Form Permintaan Pemeliharaan

Selanjutnya melakukan perhitungan MTBF untuk mengetahui jadwal perawatan mesin. Dengan menggunakan waktu antar kerusakan (TBF) berdasarkan data waktu kejadian, yang data tersebut adalah data bagian mesin yang mengalami kejadian perbaikan berdasarkan data rekapan perawatan bulanan perusahaan, kemudian melakukan perhitungan *index of fit* untuk mengidentifikasi awal pola distribusi untuk data waktu antar kerusakan yang ada. Dari perhitungan identifikasi pola distribusi didapat nilai *index of fit*. Berikut merupakan nilai hasil perhitungan *index of fit* untuk distribusi yang dipilih.

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Index Of Fit

No.	Nama Mesin	Lognormal	Eksponensial	Weibull
1	<i>Pond</i>	0,94870	0,95540	0,98799
2	<i>Turret</i>	0,95593	0,96192	0,98324
3	<i>Grinding</i>	0,96766	0,96878	0,98355
4	<i>Cutting</i>	0,94551	0,94839	0,98530

Setelah dilakukan perhitungan *index of fit* kemudian melakukan pengujian kesesuaian distribusi dengan uji *goodness of fit* sesuai dengan distribusi masing – masing. Uji ini dilakukan dengan memilih nilai *index of fit* yang paling besar dari perhitungan yang telah dilakukan, dengan anggapan bahwa nilai dari *index of fit* terbesar menunjukkan pola data tersebut mengikuti suatu pola distribusi yang dipilih.

Uji yang dilakukan dengan asumsi awal (H_0) bahwa data waktu antar kerusakan adalah berdistribusi yang telah dipilih. Jika uji yang telah dilakukan menyimpulkan bahwa pola data waktu antar kerusakan tidak sesuai dengan distribusi yang dipilih (H_1) dari nilai *index of fit* terbesar maka lakukan pemilihan nilai *index of fit* terbesar berikutnya dan lakukan pengujian kembali. Berikut ini tabel rekapan distribusi.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Uji Hipotesa Distribusi

No.	Nama Mesin	Distribusi TBF
1	<i>pond</i>	Weibull
2	<i>turret</i>	Weibull
3	<i>grinding</i>	Weibull
4	<i>cutting</i>	Weibull

Setelah diketahui distribusi untuk data waktu antar kerusakan (TBF), kemudian menghitung parameter distribusi untuk mengetahui waktu rata – rata antar kerusakan (MTBF). Perhitungan parameter bertujuan untuk mengetahui nilai reliabilitas untuk setiap bagian mesin. Berikut merupakan rekapitan perhitungan parameter distribusi tiap mesin.

Tabel 3. Rekapitulasi Parameter Distribusi Tiap Mesin

No.	Mesin	Parameter Operasi	
		β	θ
1	<i>pond</i>	1,06246	8958,43406
2	<i>turret</i>	0,82347	13749,67104
3	<i>grinding</i>	0,90072	9980,58863
4	<i>cutting</i>	0,85559	5885,76102

Setelah parameter distribusi didapat untuk setiap mesin selanjutnya adalah menghitung nilai MTBF (*mean time between failure*) untuk setiap mesin yang kemudian nilai MTBF ini dipakai untuk mencari nilai reliabilitas untuk setiap mesin yang kemudian dijadikan sebagai interval waktu perawatan.

Untuk mendapatkan rata – rata waktu antar kerusakan dengan distribusi weibull menggunakan rumus berikut.

$$MTBF = \theta \Gamma(x)$$

$$= \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (8)$$

Dengan parameter yang sama yang telah diperoleh, kemudian menghitung reliabilitas (keandalan) untuk setiap mesin. Reliabilitas ini menunjukkan seberapa mampu mesin berfungsi tanpa terjadinya kegagalan. Berikut rumus yang dipakai

Perhitungan *Reliability*

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (9)$$

Dengan :

t = rata – rata waktu antar kerusakan

Berikut hasil perhitungan rata – rata waktu antar kerusakan (MTBF) dan reliabilitas untuk masing – masing bagian mesin SPM 2000

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Nilai MTBF dan Reliabilitas Mesin

No.	Mesin	MTBF	Reliability
1	<i>pond</i>	8784,59388	0,37554
2	<i>turret</i>	15587,19590	0,32995
3	<i>grinding</i>	10714,83987	0,34473
4	<i>cutting</i>	6318,84407	0,34544

Setelah melakukan perhitungan Nilai MTBF dan Reliabilitas Mesin menggunakan *software microsoft*

excel kemudian menghitung berapa total waktu operasi dan berapa waktu mesin mati untuk setiap mesin dapat diketahui periode perawatan mesin. Rekapitulasi hasil dapat dilihat pada Tabel 4.5:

Tabel 5. Jadwal Perawatan Tiap Mesin

No.	Mesin	MTBF	Reliability	Periode Perawatan (hari)
1	<i>pond</i>	8784,59388	0,37554	16
2	<i>turret</i>	15587,19590	0,32995	29
3	<i>grinding</i>	10714,83987	0,34473	20
4	<i>cutting</i>	6318,84407	0,34544	12

Setelah diketahui jadwal perawatan tiap mesin, kemudian data tersebut dimasukkan kedalam sistem aplikasi *form* perawatan mesin.



Gambar 9. Hasil Desain *form* Perawatan Mesin

Adapun waktu perawatan dilihat dari waktu *downtime* terakhir yang terjadi pada mesin, dan sistem secara otomatis dapat menghitung waktu interval kerusakan dan waktu *downtime* yang akan terjadi selanjutnya, serta hasil data yang telah dimasukkan ini dapat ditampilkan apabila diperlukan untuk melihat data *histories* kerusakan untuk setiap mesin. Karyawan *Maintenance* dapat melakukan perhitungan *reliability* berdasarkan data *histories downtime* tersebut, untuk menghasilkan jadwal perawatan terhadap mesin, dimana jadwal tersebut dapat dilihat berdasarkan periode waktunya.

KESIMPULAN

Tindakan perbaikan yang dapat dilakukan untuk meminimalisasi kerusakan yang dialami pada saat proses produksi adalah *preventive maintenance* seperti penjadwalan perawatan rutin setiap mesin. Untuk mesin *pond* adalah setiap 16 hari. Untuk mesin *turret* adalah setiap 29 hari. Sedangkan untuk mesin *grinding* dilakukan perawatan setiap 20 hari dan untuk mesin *cutting* adalah setiap 12 hari. Dengan adanya Usulan Desain Program *Database* Perbaikan mesin menggunakan *Microsoft Access*, proses pemenuhan permintaan *spare part* berjalan dengan baik dan tidak terjadi keterlambatan pada saat perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

Ebeling, C. 1997. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. University of Dayton. Dayton.

- Haryanto, A. *Membuat Aplikasi Sederhana dengan Microsoft Access*, Erlangga, Jakarta, 2004.
- Miftahudin. Usulan Desain Program Database Permintaan Spare Part Trailer Menggunakan Microsoft Acces. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya. Serang. (Tidak Publikasi)
- Daryus, A. 2007. Diktat Kuliah Manajemen Pemeliharaan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Darma Persada, Jakarta. Sutanta E, 2004. Sistem Basis Data, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Hudha, N. Perancangan dan Pembuatan Aplikasi Manajemen Pemeliharaan dan perawatan Mesin Industri (Studi Kasus : PT. Unibelt Inti Perkasa–Malang) *Jurnal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Setiyanto, D. Usulan Penjadwalan Perawatan Dengan Mempertimbangkan Reliability Block Diagram. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. (Tidak Publikasi)
- Hasriyono, M. 2009. Evaluasi Efektivitas Mesin Dengan Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) Di PT. Hadi Baru. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri, FT USU. Medan. (Tidak Publikasi)
- Hidayat, R. 2010. Perencanaan Kegiatan Maintenance Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Teknik Industri*. Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo. Bangkalan Madur.
- Pratama, R. H. J. 2011. Penentuan Nilai Reliability Sistem dengan Menggunakan Reliability Block Diagram. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. (Tidak Publikasi)
- Romadhani, D. 2011. Usulan Perawatan Dengan Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Mesin SPM 2000 Di PT KHI Pepe Industries. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. (Tidak Publikasi)
- Santoso, B. 2008. Tools Simulasi Inventori Pada Supermarket. *Jurnal Teknik Informatika*. Fakultas Teknik, Universitas Surabaya.
- Sitania, F. D. 2010. Analisa Keandalan Produk Dengan Pola Penggunaan Intermittent. *Jurnal Teknik Industri*. Fakultas Teknik, Universitas Pattimura. Ambon.
- Walpol, R. E. *Pengantar Statistika*. Gramedia, Jakarta. 1992.