

ANALISIS PENJADWALAN PEMELIHARAAN MESIN SPRAYBOOTH GUNA MEMINIMASI BIAYA PADA DIVISI PAINTING PT. ISTANA TIARA

Alvian Bagus Putra Amanda

Wiwin Widiasih

Program Studi Teknik Industri, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

email: alvian.ucil2000@gmail.com ; wiwin_w@untag-sby.ac.id

ABSTRACT

PT. ISTANA TIARA is a company engaged in the manufacturing industry that serves the manufacture of motorcycle parts. In the painting division there are 5 machines, of the five machines that often experience damage, namely the Spraybooth Machine with a breakdown time of 2,033 minutes. The purpose of this research is to make a maintenance schedule for the Spray booth Machine and find the right maintenance method in order to get the lowest cost. The method used in this research is using the method Modularity Design. The results of the calculation of the reliability value of each component of the Spraybooth machine, namely the Blower component, has a reliability level for one day of 89.5%, Blower Motor Components, has a reliability level of 99.9% for one day, Water Pump Components, has a reliability level of 99.9% one day at 91.5%, Air Pipe Components, have a reliability level for one day of 91.4%, Spraybooth Components have a reliability level for one day at 87%. Next, determine the maintenance time interval using the method, Age Replacement namely the Blower component. for 39 days, Motor Blower for 49 days, Water Pump for 60 days, Air Pipe for 54 days, Spray booth for 59 days. From the calculation results, it is found that the total cost of preventive maintenance with reliability is Rp. 20,551,965, the cost of maintaining the preventive modular design based on time is Rp. 18,143,179 and the cost of maintaining the preventive modular design based on cause and effect is Rp. 20,178,096. The maintenance method that has the lowest maintenance cost is the time-based preventive modular design method. The cost that will be incurred if applying this method is Rp. 18,143,179 per year.

Keywords: Spraybooth Machine, Modularity Design, Maintenance Scheduling

ABSTRAK

PT. ISTANA TIARA merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri manufaktur yang melayani pembuatan suku cadang sepeda motor. Pada divisi painting terdapat 5 mesin, dari kelima mesin tersebut yang sering mengalami kerusakan yakni Mesin Spraybooth dengan waktu kerusakan 2.033 menit. Tujuan dalam penelitian ini yaitu membuat jadwal perawatan Mesin Spratbooth serta mencari metode pemeliharaan yang tepat agar mendapatkan biaya yang paling rendah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode *Modularity Design*. Hasil dari perhitungan nilai

keandalan tiap komponen mesin Spraybooth yaitu pada komponen Blower , memiliki tingkat keandalan selama satu hari sebesar 89,5% , Komponen Motor Blower, memiliki tingkat keandalan selama satu hari sebesar 99,9% , Komponen Pompa Air, memiliki tingkat keandalan selama satu hari sebesar 91,5 % , Komponen Pipa Udara, memiliki tingkat keandalan selama satu hari sebesar 91,4 % , Komponen Bilik Spraybooth memiliki tingkat keandalan selama satu hari sebesar 87 % .Selanjutnya penentuan interval waktu perawatan dengan menggunakan metode *Age Replacement* yaitu komponen Blower selama 39 hari, Motor Blower selama 49 hari, Pompa Air selama 60 hari, Pipa Udara selama 54 hari, Bilik Spraybooth selama 59 hari. Dari hasil perhitungan, didapatkan hasil bahwa total biaya pemeliharaan preventive dengan reliability adalah Rp.20.551.965, biaya pemeliharaan preventive modular design berbasis waktu adalah Rp.18.143.179 dan biaya pemeliharaan preventive modular design berbasis sebab-akibat adalah Rp.20.178.096. Metode pemeliharaan yang memiliki biaya pemeliharaan paling rendah yakni, metode preventive modular design berbasis waktu. Biaya yang akan dikeluarkan jika menerapkan metode ini adalah sebesar Rp.18.143.179 per tahun.

Kata Kunci: Mesin Spraybooth, *Modularity Design* , Penjadwalan Pemeliharaan.

1. PENDAHULUAN

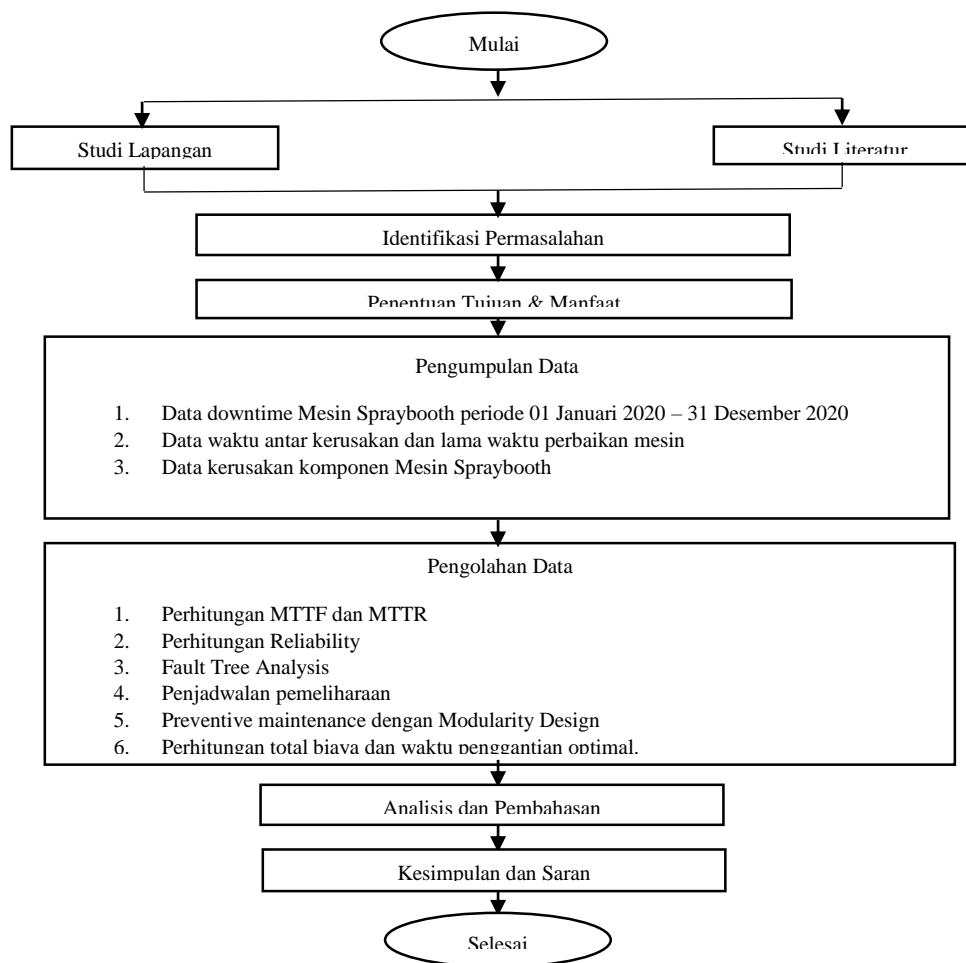
PT. ISTANA TIARA merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri manufaktur yang melayani pembuatan suku cadang sepeda motor. Perusahaan ini berada di Jl. Buntaran No. 3-5, Manukan Wetan, Kecamatan Tandes, Kota Surabaya. Pada divisi painting terdapat 5 mesin, dari kelima mesin tersebut yang sering mengalami kerusakan yakni Mesin Spraybooth dengan waktu kerusakan 2.033 menit. Mesin Spraybooth memiliki beberapa komponen seperti Bilik Spraybooth, Blower, Motor Blower, Pompa Air dan Pipa Udara. Dalam komponen tersebut terdapat beberapa jenis kerusakan yaitu Lampu di bilik spraybooth mati, bearing aus pada Blower, putusnya fanbelt pada Motor Blower, terjadi keausan impeller pada pompa air, serta adanya keretakan ada kopler fitting yang ada di pipa udara. Mesin Spraybooth sendiri adalah mesin utama pada divisi painting, mesin ini merupakan suatu media untuk mengecat sebuah produk. Tingginya tingkat kerusakan yang terjadi dikarenakan perusahaan sendiri belum memiliki jadwal perawatan mesin total, sehingga sering didapati kerusakan yang tidak dapat terdeteksi karena tidak adanya jadwal perawatan yang rutin dilakukan. Jika terjadi kerusakan pada mesin Spraybooth maka dilakukan perbaikan atau penggantian suatu komponen yang rusak, selama proses tersebut berlangsung mengakibatkan proses produksi terhenti.

Untuk mengatasi kerusakan mesin yang sangat tinggi diperlukan perawatan yang tepat dan dilakukan secara berkala, Pengertian dari perawatan ialah fungsi yang memonitor dan memelihara fasilitas pabrik, peralatan, dan fasilitas kerja dengan merancang, mengatur, menangani, dan memeriksa pekerjaan untuk menjamin fungsi dari unit selama waktu operasi (*uptime*) dan meminimisasi selang waktu berhenti (*downtime*) yang diakibatkan oleh adanya kerusakan maupun perbaikan (Manzini, 2010). Dalam menentukan kebutuhan perawatan setiap mesin yang ditinjau dari kondisi fisik mesin dan faktor penyebab kegagalannya. Dalam penelitian tugas akhir ini akan memberikan usulan model dan interval waktu perawatan sehingga dapat meminimalisir waktu kerusakan pada mesin. Perusahaan sendiri belum memiliki jadwal mengenai preventive maintenance, dimana hal tersebut yang membuat kerusakan-kerusakan yang terjadi pada mesin tidak

dapat terdeteksi. Guna menentukan jadwal perawatan yang optimal dapat menggunakan metode *Modularity Design*, untuk menganalisa tingkat keandalan mesin Spraybooth sehingga umur mesin dapat bertahan lebih lama dan proses produksi dapat berjalan lancar. Pengertian *Modularity Design* adalah suatu konsep yang biasa digunakan pada proses medesain suatu produk dan konsep ini akan diadaptasi kedalam sistem maintenance. Tujuan diadakannya penelitian ini agar dapat mengidentifikasi komponen yang dapat dikelompokkan kedalam perawatan berbasis modul, menentukan jadwal optimal untuk melakukan penggantian komponen sesuai dengan metode yang terpilih.

2. METODE

A. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Pada gambar diatas merupakan metodologi penelitian yang merupakan langkah-langkah dalam pengerjaan penelitian. Penelitian ini diawali dengan studi lapangan dan studi literatur. Studi lapangan dilakukan guna mengetahui objek atau kondisi nyata di tempat penelitian. Studi literatur sendiri adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengolah bahan penelitian. Langkah selanjutnya yaitu mengidentifikasi masalah dan perumusan masalah

pada tahap tersebut dilakukan pengambilan data-data pendukung terkait dengan masalah yang terjadi di perusahaan. Setelah melakukan perumusan masalah hal selanjutnya yang dilakukan yakni menentukan tujuan dan manfaat dalam melaksanakan penelitian. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data yakni Data *downtime* mesin spraybooth, Data waktu kerusakan dan lama waktu perbaikan mesin, Data kerusakan komponen mesin spraybooth. Setelah data terkumpul dilakukan pengolahan data. Dalam pengolahan data yang pertama dilakukan yakni menghitung nilai *mttf* dan *mttr* mesin kemudian melakukan penjadwalan *maintenance*, menghitung nilai *reliability* mesin, membuat *Fault Tree Analysis*, *preventive maintenance* dengan *modularity design* berbasis waktu, *preventive maintenance* dengan *modular design* berbasis sebab akibat. Setelah melakukan pengolahan data selanjutnya dilakukan analisis dari hasil penelitian tersebut . langkah terakhir yakni penarikan kesimpulan dan saran.

Dalam penelitian ini, pembahasan yang akan dibahas berdasarakan perhitungan dan metode-metode yang telah dilakukan sebagai bahan hasil evaluasi penelitian yaitu :

1. Pembahasan dan pemilihan interval perawatan mesin Spraybooth.
2. Pembahasan dan penentuan nilai keandalan mesin Spraybooth.
3. Pembahasan dan pemilihan estimasi biaya perawatan terendah.

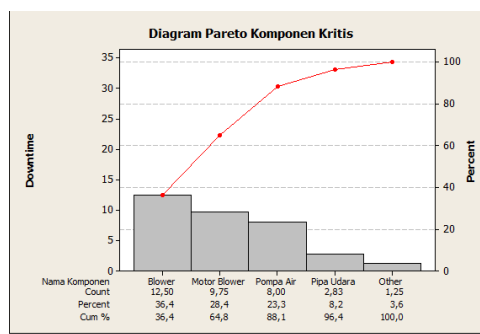
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Data Downtime Mesin Spraybooth

| No | Komponen | Total Downtime (jam) | Persentase Downtime (%) |
|----|---------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | Blower | 12,05 | 35,57 |
| 2 | Bilik Spraybooth | 1,25 | 3,69 |
| 3 | Motor Blower | 9,75 | 28,78 |
| 4 | Pompa Air | 8 | 23,61 |
| 5 | Pipa Udara | 2,83 | 8,35 |
| | Total | 33,88 | 100 |

A. Penentuan Komponen Kritis

Pada penentuan komponen kritis pada mesin Spraybooth, penulis melakukan analisis dengan menggunakan Diagram Pareto dari data downtime masing-masing komponen. Diagram pareto komponen kritis dapat dilihat pada Gambar 2.



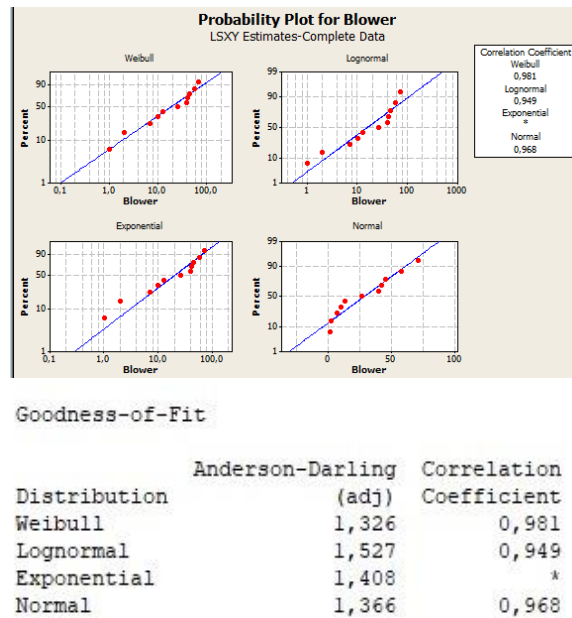
Gambar 2 Diagram Pareto Komponen Kritis

Berdasarkan diagram pareto diatas, komponen Bilik Spraybooth berada di grafik paling bawah hal ini dikarenakan tingkat downtime lebih sedikit dari komponen-komponen lain sehingga komponen kritis yang didapatkan yaitu komponen Blower, Motor Blower dan Pompa Air.

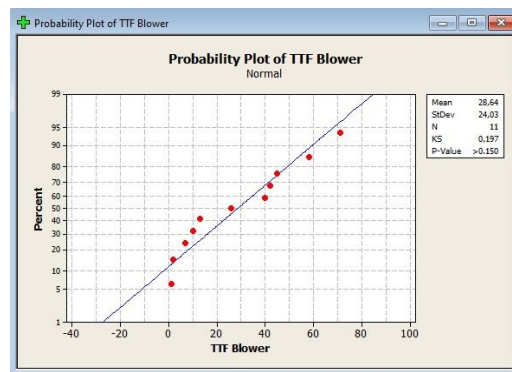
B. Analisis Pemilihan Distribusi

Pemilihan distribusi ini dilakukan dengan prinsip Goodness of Fit, setelah uji goodness of fit , penulis menggunakan uji kenormalan data dengan menggunakan uji kolmogrov smirnov. Uji tersebut melakukan perbandingan antara data hasil penelitian (data empirik) dengan distribusi teoritis yang telah diasumsikan. Jika perbedaannya cukup besar maka model teoritis yang telah diasumsika ditolak. Pemilihan distribusi ini sendiri terdiri dari Distribusi Weibull, Distribusi Ekspensial, Distribusi Normal atau Distribusi Lognormal.

. Hasil pengujian distribusi komponen kritis dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Hasil Pengujian Distribusi Komponen Blower



Gambar 4 Hasil Uji Kolmogrov Smirnov

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai KS lebih besar dari 0,05 hal ini dapat disebutkan bahwa data yang dihasilkan sesuai atau dapat diterima.

Dibawah ini merupakan tabel pemilihan distribusi untuk *Time to Failure* pada tiap komponen mesin Spraybooth

Tabel 2 Pemilihan Distribusi untuk *Time to Failure*

| No | Komponen | Distribusi | <i>Anderson - Darling (AD)</i> |
|----|------------------|------------|--------------------------------|
| 1 | Blower | Weibull | 1,326 |
| 2 | Motor Blower | Lognormal | 1,791 |
| 3 | Pompa Air | Weibull | 1,409 |
| 4 | Pipa Udara | Normal | 2,407 |
| 5 | Bilik Spraybooth | Normal | 2,765 |

Penjelasan dari hasil uji Goodness of Fit test dari interval waktu kerusakan komponen Blower akan dijabarkan sebagai berikut :

- a) Nilai Anderson-Darling
 Uji Anderson-Darlin digunakan untuk memutuskan apakah contoh acak (data) berasal dari fungsi normal atau tidak. Uji Anderson-Darling digunakan sebagai uji kenormalan atau kebaikan suai (goodness of fit) untuk peubah kuantitatif dari berbagai macam sebaran data. Probability plot diperoleh dengan berdasarkan pendekatan maximum likelihood atau least square estimates. Kesesuaian data dengan distribusinya dapat dari semakin kecil nilai AD distribusinya semakin besar kesesuaian data dengan distribusi tersebut. pada hasil Gambar 4.2 nilai AD terkecil adalah Weibull (1,326) maka data interval waktu kerusakan komponen Blower sesuai dengan distribusi Weibull.
- b) Uji Kolmogrov-Smirnov
 Nilai KS lebih besar dari 0,05 hal ini dapat disebutkan bahwa data yang dihasilkan sesuai atau dapat diterima.maka dapat diartikan bahwa data sesuai dengan distribusi Weibull.
- c) Probability Plot
 Probability Plot adalah uji distribusi dimana plot dari data tersebut dibentuk antara nilai data dengan nilai harapan data tersebut (expeted value). Nilai harapan merupakan nilai yang anda harapkan mendekati nilai populasi sebenarnya, jika distribusi tersebut menyebar normal, maka plot data sample berada disekitar garis lurus, yang merupakan nilai harapan. Dari keempat plot yang sebaran data paling banyak berada didekat garis adalah plot distribusi Weibull.

Karena dengan ketiga uji dapat ditentukan bahwa distribusi yang paling sesuai dengan data interval waktu kerusakan Blower adalah distribusi Weibull

Dibawah ini merupakan tabel pemilihan distribusi untuk *Time to Repair* pada tiap komponen mesin Spraybooth

Tabel 3 Pemilihan Distribusi untuk *Time to Repair*

| No | Komponen | Distribusi | <i>Anderson - Darling (AD)</i> |
|----|------------------|------------|--------------------------------|
| 1 | Blower | Lognormal | 1,323 |
| 2 | Motor Blower | Lognormal | 1,845 |
| 3 | Pompa Air | Lognormal | 2,190 |
| 4 | Pipa Udara | Lognormal | 2,295 |
| 5 | Bilik Spraybooth | Lognormal | 2,858 |

C. Perhitungan MTTF dan MTTR

Setelah diperoleh distribusi yang sesuai, selanjutnya adalah melakukan perhitungan MTTF dan MTTR berdasarkan pada parameter distribusi yang terpilih. Pengertian MTTF sendiri adalah waktu rata-rata terjadinya kerusakan. Perbedaan distribusi menyebabkan perbedaan cara perhitungan MTTF, karena parameter yang digunakan tidak sama. Berikut ini adalah contoh perhitungan MTTF untuk Komponen Blower

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

$$MTTF = 30,1154 \text{ Hari } \Gamma \left(1 + \frac{1}{0,811967} \right) \text{ Hari}$$

$$MTTF = 30,1154 \text{ Hari } \Gamma (1+ 1,231) \text{ Hari}$$

$$MTTF = 30,1154 \text{ Hari } \Gamma (2,231) \text{ Hari}$$

$$MTTF = 30,1154 \text{ Hari } \times 1,12023 \text{ Hari}$$

$$MTTF = 33,736 \text{ Hari}$$

Jadi didapatkan interval perawatan komponen blower adalah sebesar 33,736 hari, hasil tersebut dibulatkan menjadi 34 hari. Perhitungan yang sama dilakukan untuk masing-masing komponen sehingga didapatkan nilai MTTF seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Rekapitulasi Perhitungan MTTF

| No | Komponen | Rencana Interval (Hari) |
|----|------------------|-------------------------|
| 1 | Blower | 34 |
| 2 | Motor Blower | 65 |
| 3 | Pompa Air | 46 |
| 4 | Pipa Udara | 58 |
| 5 | Bilik Spraybooth | 55 |

Perhitungan MTTR ini adalah berdasarkan data downtime, yang sebelumnya juga dilakukan uji kecocokan distribusi. MTTR merupakan rata-rata waktu perbaikan kerusakan komponen. Berikut ini adalah contoh perhitungan MTTR untuk komponen Blower :

$$MTTR = t_{med.e^{\left(\frac{s^2}{2}\right)}}$$

$$MTTR = 50,0283 \text{ Menit} \cdot e^{\left(\frac{0,799437^2}{2}\right)} \text{ Menit}$$

$$MTTR = 50,0283 \text{ Menit} \times 1,376 \text{ Menit}$$

$$MTTR = 68,838 \text{ Menit}$$

Jadi didapatkan bahwa rata-rata waktu perbaikan komponen Blower adalah sebesar 68,838 menit atau sekitar 1,15 jam. Hasil perhitungan MTTR untuk tiap komponen dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Rekapitulasi Perhitungan MTTR

| No | Komponen | MTTR (Jam) |
|----|------------------|------------|
| 1 | Blower | 1,15 |
| 2 | Motor Blower | 1,54 |
| 3 | Pompa Air | 0,80 |
| 4 | Pipa Udara | 0,62 |
| 5 | Bilik Spraybooth | 0,42 |

D. Perhitungan Penjadwalan *Preventive Maintenance*

Hal pertama yang dilakukan adalah mencari nilai downtime yang terkecil pada saat tp. Diketahui pada Tabel 4 dan Tabel 5 nilai MTTF dan MTTR pada komponen Blower sebesar 34 hari dan 1,15 jam. Berdasarkan Tabel 4.10 Komponen Blower berdistribusi Weibull dengan parameter $\beta = 0,811967$ dan $\alpha = 30,1154$. Berikut adalah contoh perhitungan *Age Replacement* pada komponen Blower.

Dibawah ini merupakan tabel perhitungan *Age Replacement* komponen Blower.

Tabel 6 Perhitungan Age Replacement Komponen Blower

| Blower | | | | |
|--------|-------------|----------|-------------|------------|
| tp | R(tp) | F(tp) | M(tp) | D(tp) |
| 2 | 0.895308965 | 0.104691 | 324.7651519 | 0.03113104 |
| 4 | 0.823537759 | 0.176462 | 192.6757803 | 0.02991352 |
| 6 | 0.76350063 | 0.236499 | 143.7635966 | 0.02894465 |
| 8 | 0.711170431 | 0.28883 | 117.7164793 | 0.02815911 |
| 10 | 0.664615044 | 0.335385 | 101.3760439 | 0.0275145 |
| 12 | 0.622672634 | 0.377327 | 90.10743216 | 0.02698133 |
| 14 | 0.584557525 | 0.415442 | 81.84045209 | 0.02653817 |
| 16 | 0.549698439 | 0.450302 | 75.50495696 | 0.02616897 |
| 18 | 0.517659056 | 0.482341 | 70.48955817 | 0.02586137 |
| 20 | 0.488094121 | 0.511906 | 66.41845968 | 0.0256057 |
| 22 | 0.460723064 | 0.539277 | 63.04738384 | 0.02539421 |
| 24 | 0.435313125 | 0.564687 | 60.21035995 | 0.02522067 |
| 26 | 0.411668 | 0.588332 | 57.79049926 | 0.02507995 |
| 28 | 0.389619898 | 0.61038 | 55.70299534 | 0.02496778 |
| 30 | 0.369023798 | 0.630976 | 53.88475809 | 0.02488062 |
| 32 | 0.349753191 | 0.650247 | 52.28783826 | 0.02481545 |
| 34 | 0.331696832 | 0.668303 | 50.87511421 | 0.0247697 |
| 36 | 0.314756235 | 0.685244 | 49.61737956 | 0.02474117 |
| 38 | 0.298843685 | 0.701156 | 48.49132682 | 0.02472796 |
| 39 | 0.291248068 | 0.708752 | 47.97165056 | 0.02472657 |
| 40 | 0.283880661 | 0.716119 | 47.47812014 | 0.02472840 |

- ❖ $R(39) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] = \exp\left[-\left(\frac{39}{30,1154}\right)^{0,811967}\right] = 0.291248068$
- ❖ $F(39) = 1 - R(tp) = 1 - 0.2912 = 0.708752$
- ❖ $M(39) = \left(\frac{MTTF}{F(tp)}\right) = \left(\frac{34}{0,2912}\right) = 47.97165056$
- ❖ $D(t_p) = \frac{(T_p \times R(tp) + T_f \times [1 - R(tp)])}{((tp + T_p) \times R(tp)) + ((M(tp) + T_f) \times [1 - R(tp)])}$
- ❖ $D(39) = \frac{(1,15 \times 0,0365) + (1,15 \times 0,6349)}{((39 + 1,15) \times 0,2912) + ((47,9716 + 1,15) \times 0,7087)} = 0.02472657$

Nilai downtime paling rendah terjadi pada saat $t_p = 39$, oleh karena itu Age Replacement komponen Blower adalah 39.

E. Perhitungan Preventive Maintenance Berdasarkan Reliability

Untuk mencari biaya kehilangan produksi dilakukan dengan perkalian antara biaya kehilangan produksi per jam dengan waktu perbaikan komponen. Dalam satu jam menghasilkan 25 unit spakbor depan, harga jual spakbor depan adalah Rp.20.000. maka dapat diketahui bahwa biaya kehilangan produksi sebesar (25 unit x Rp.20.000), maka

hasilnya Rp.540.000. kemudian nilai tersebut dikalikan dengan waktu perbaikan, maka didapatkan hasil biaya kehilangan produksi

Sedangkan untuk mencari biaya operator menganggur yaitu dengan cara mengalikan biaya tenaga kerja per jam dengan waktu perbaikan. Dalam kasus ini, biaya tenaga kerja yang digunakan adalah Rp. 4.250.000/196 jam = Rp.21.684. Jumlah jam kerja didapatkan dari (7 jam kerja x 7 hari x 4 minggu).

Contoh untuk komponen Pompa Air memiliki harga komponen sebesar Rp.700.000 dan biaya preventive maintenance untuk komponen Pompa Air sebesar Rp.30.000 seperti pada Tabel 4.16. sedangkan waktu perbaikan komponen Pompa Air adalah 0,80 jam. Waktu kerusakan yang digunakan adalah hasil MTTR yang terdapat pada Tabel 4.13. Maka nilai Cp dan Tc didapatkan dari :

$$\begin{aligned} C_p &= ((\text{Biaya Kehilangan Produksi} + \text{Biaya Operator Menganggur}) \times \text{Waktu Perbaikan}) + \text{Biaya Penggantian Komponen} + \text{Biaya Preventive Maintenance Komponen} \\ &= ((\text{Rp.540.000} + \text{Rp.21.684}) \times 0,80) + (\text{Rp.700.000}) + (\text{Rp.30.000}) \\ &= \text{Rp. 1.179.347,2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c \text{ per siklus} &= ((C_p \times R(T)) / T) \\ &= (\text{Rp.1.179.347} \times 1) / 60 \\ &= \text{Rp.19.655,78} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c \text{ per tahun} &= (8760 \text{ jam} / t_p) \times T_c \text{ per siklus} \\ &= (8760 / 60) \times \text{Rp.19.655,78} \\ &= \text{Rp.2.869.743} \end{aligned}$$

Nilai R (T) pada saat terjadi penggantian komponen adalah 1. Sedangkan T adalah waktu dimana komponen mengalami penggantian.

Pada Tabel 7 merupakan hasil rekap nilai biaya preventive maintenance berbasis reliability

Tabel 7 Rekap Nilai Biaya Preventive Berbasis Reliability

| Komponen | Cp | R(T) | T | Tc per siklus | Tc per tahun |
|------------------|----------------|------|----|---------------|---------------|
| Pompa Air | Rp.1.179.347,2 | 1 | 60 | Rp.19.655,78 | Rp.2.869.743 |
| Blower | Rp.1.395.936,6 | 1 | 39 | Rp.35.793,24 | Rp.8.039.712 |
| Bilik Spraybooth | Rp.601.907,28 | 1 | 59 | Rp.10.201,81 | Rp.1.514.709 |
| Motor Blower | Rp.1.539.993,3 | 1 | 49 | Rp.31.428,43 | Rp.5.618.633 |
| Pipa Udara | Rp.835.244 | 1 | 54 | Rp.15.467,48 | Rp.2.509.168 |
| | | | | Jumlah | Rp.20.551.965 |

Dari hasil penjadwalan, maka dapat dilihat bahwa untuk melakukan pemeliharaan dengan berbasis reliability, maka biaya pemeliharannya sebesar Rp.20.551.965

F. Perhitungan *Preventive Maintenance Modular Design* Berbasis Waktu.

Metode *Modular Design* dapat membantu mengurangi biaya maintenance dengan mengelompokkan komponen mesin Spraybooth ke dalam beberapa modul. Pengelompokan pertama didasarkan pada waktu *age replacement* yang terdekat antar komponen. Kategori dekat yang dimaksud yakni ≤ 1 hari. Maka mendapatkan modul seperti Tabel dibawah ini.

Tabel 8 Pengelompokkan Komponen Berdasarkan Waktu Age Replacement Terdekat.

| Modul | Komponen |
|---------|---|
| Modul 1 | Blower |
| Modul 2 | Motor Blower |
| Modul 3 | Pipa Udara + Bilik Spraybooth + Pompa Air |

Contoh untuk komponen Pipa Udara memiliki harga komponen Rp.440.000 , Bilik Spraybooth memiliki harga komponen Rp. 300.000 sedangkan komponen Pompa Air memiliki harga komponen sebesar Rp.700.000 dan biaya preventive maintenancenya sebesar Rp.47.000, Rp.66.000 dan Rp.30.000 seperti pada Tabel 4.16. sedangkan waktu perbaikan komponen Pipa Udara, Bilik Spraybooth dan Pompa Air adalah 0,62 jam, 0,42 jam dan 0,80 jam. Waktu kerusakan yang digunakan adalah hasil MTTR yang terdapat pada Tabel 4.13. Maka nilai Cp dan Tc didapatkan dari :

$$\begin{aligned}
 C_p &= ((\text{Biaya Kehilangan Produksi} + \text{Biaya Operator Menganggur}) \times \text{Waktu Perbaikan}) + \text{Biaya Penggantian Komponen} + \text{Biaya Preventive Maintenance Komponen} \\
 &= ((\text{Rp.540.000} + \text{Rp.21.684}) \times (0.62 + 0.42 + 0.80)) + (\text{Rp.440.000} + \text{Rp.300.000} + \text{Rp.700.000}) + (\text{Rp.47.000} + \text{Rp.66.000} + \text{Rp.30.000}) \\
 &= \text{Rp. 1.722.258,5}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_c \text{ per siklus} &= ((C_p \times R(T)) / T) \\
 &= (\text{Rp.1.722.258,5} \times 1) / (54 + 59 + 60 / 3) \\
 &= \text{Rp.29.694,11}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_c \text{ per tahun} &= (8760 \text{ jam} / t_p) \times T_c \text{ per siklus} \\
 &= (8760 / 58) \times \text{Rp.29.694,11} \\
 &= \text{Rp.4.484.834}
 \end{aligned}$$

Pada Tabel 9 menunjukkan hasil rekap nilai biaya preventive maintenance modularity design berbasis waktu.

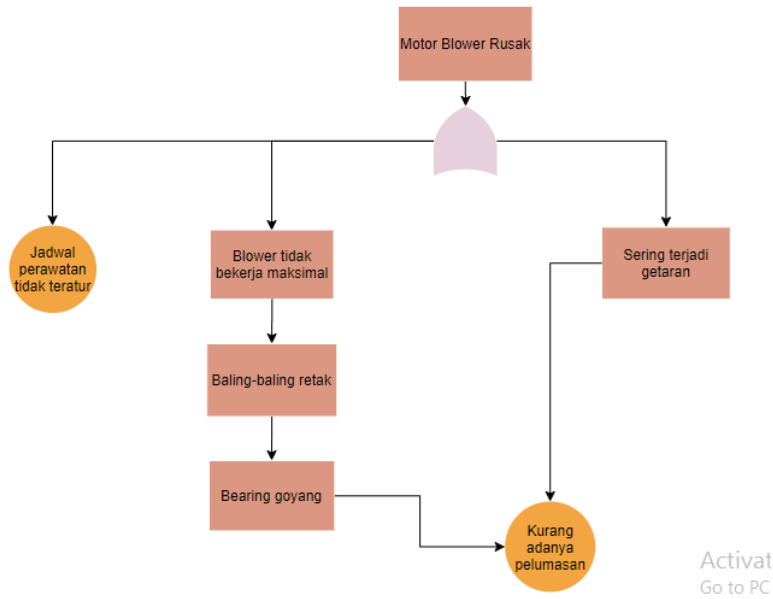
Tabel 9 Rekapitulasi Biaya Preventive Maintenance Modularity Design Berbasis Waktu.

| Komponen | Cp | R(T) | T | Tc per siklus | Tc per tahun |
|------------------|----------------|------|----|---------------|---------------|
| Blower | Rp.1.395.936,6 | 1 | 39 | Rp.35.793,24 | Rp.8.039.712 |
| Motor Blower | Rp.1.539.993,3 | 1 | 49 | Rp.31.428,43 | Rp.5.618.633 |
| Pipa Udara | Rp.1.722.258,5 | 1 | 54 | Rp.29.694,11 | Rp.4.484.834 |
| Bilik Spraybooth | | 1 | 59 | | |
| Pompa Air | | 1 | 60 | | |
| | | | | Jumlah | Rp.18.143.179 |

Dari hasil penjadwalan, maka dapat dilihat bahwa untuk melakukan pemeliharaan preventive maintenance dengan modularity design berbasis waktu, maka biaya pemeliharannya sebesar Rp.18.143.179 per tahun.

G. Perhitungan *Preventive Maintenance Modular Design* Berbasis Sebab Akibat.

Pemeliharaan dengan modularity design dapat juga dilakukan dengan basis sebab-akibat. Penggabungan komponen didasarkan pada hubungan yang bersifat dua arah pada komponen. Jika penggabungan komponen dilakukan tanpa memperhatikan hubungan dua arah, akan menyebabkan terjadinya kenaikan biaya pemeliharaan. Untuk menunjukkan adanya hubungan dua arah antara kompone, dilakukan analisis menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA), dimana FTA berfungsi untuk mengidentifikasi terjadinya suatu kegagalan dari berbagai cara, baik dari faktor fisik maupun manusia, yang dapat mengarah pada penyebab dari terjadinya kegagalan atau kesalahan tersebut. Contoh hubungan dua arah dari komponen mesin Spraybooth yakni sebagai berikut :



Gambar 2 Fault Tree Analysis Kerusakan Motor Blower

Dari FTA kerusakan Motor Blower dapat dilihat bahwa hal mendasar yang mempengaruhi kerusakan motor blower adalah kurangnya pelumasan pada bearing yang dilakukan oleh operator. Hal itu penyebab terjadinya breakdown. Jika Motor Blower rusak, maka Blower juga rusak, begitupun sebaliknya.

Tabel 10 menunjukkan modul yang terbentuk dari hubungan sebab akibat antar komponen mesin Spraybooth.

Tabel 10 Pengelompokkan Komponen Berdasarkan Hubungan Sebab Akibat.

| Modul | Komponen |
|---------|-----------------------|
| Modul 1 | Motor Blower + Blower |
| Modul 2 | Pompa Air |
| Modul 3 | Pipa Udara |
| Modul 4 | Bilik Spraybooth |

Contoh untuk komponen Motor Blower memiliki harga komponen Rp.600.000 sedangkan Blower memiliki harga komponen Rp. 650.000 dan biaya preventive maintenancenya sebesar Rp.100.000 dan Rp.75.000 seperti pada Tabel 4.16. sedangkan waktu perbaikan komponen Motor Blower dan Blower adalah 1,54 jam dan 1,15 jam. Waktu kerusakan yang digunakan adalah hasil MTTR yang terdapat pada Tabel 4.13. Maka nilai Cp dan Tc didapatkan dari :

$$\begin{aligned}
C_p &= ((\text{Biaya Kehilangan Produksi} + \text{Biaya Operator Menganggur}) \times \text{Waktu Perbaikan}) + \text{Biaya Penggantian Komponen} + \text{Biaya Preventive Maintenance Komponen} \\
&= ((\text{Rp.540.000} + \text{Rp.21.684}) \times (1.54 + 1.15)) + (\text{Rp.600.000} + \text{Rp.650.000}) + (\text{Rp.100.000} + \text{Rp.75.000}) \\
&= \text{Rp. 2.935.929,9} \\
T_c \text{ per siklus} &= ((C_p \times R(T)) / T) \\
&= (\text{Rp.2.935.929,9} \times 1) / (39 + 49 / 2) \\
&= \text{Rp.66.725,68} \\
T_c \text{ per tahun} &= (8760 \text{ jam} / t_p) \times T_c \text{ per siklus} \\
&= (8760 / 44) \times \text{Rp.66.725,68} \\
&= \text{Rp.13.284.476}
\end{aligned}$$

Pada Tabel 11 menunjukkan hasil rekap nilai biaya preventive maintenance modularity design berbasis sebab akibat.

Tabel 11 Rekapitulasi Biaya Preventive Maintenance Modularity Design Berbasis Sebab Akibat.

| Komponen | Cp | R(T) | T | Tc per siklus | Tc per tahun |
|------------------|----------------|------|----|---------------|---------------|
| Motor Blower | Rp.2.935.929,9 | 1 | 49 | Rp.66.725,68 | Rp.13.284.476 |
| Blower | | 1 | 39 | | |
| Pompa Air | Rp.1.179.347,2 | 1 | 60 | Rp.19.655,78 | Rp.2.869.743 |
| Pipa Udara | Rp.835.244 | 1 | 54 | Rp.15.467,48 | Rp.2.509.168 |
| Bilik Spraybooth | Rp.601.907,28 | 1 | 59 | Rp.10.201,81 | Rp.1.514.709 |
| | | | | Jumlah | Rp.20.178.096 |

Dari hasil penjadwalan, maka dapat dilihat bahwa untuk melakukan pemeliharaan preventive maintenance menggunakan metode modular design dengan berbasis sebab akibat, maka biaya pemeliharannya sebesar Rp. 20.178.096.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian didapatkan hasil perhitungan tingkat keandalan suatu komponen yaitu pada komponen Blower, memiliki tingkat keandalan selama satu hari sebesar 89,5%, pada komponen Motor Blower, memiliki tingkat keandalan selama satu hari sebesar 99,9%, pada komponen Pompa Air, memiliki tingkat keandalan selama satu hari sebesar 91,5%, pada komponen Pipa Udara, memiliki

tingkat keandalan selama satu hari sebesar 91,4 %, pada komponen Bilik Spraybooth memiliki tingkat keandalan selama satu hari sebesar 87 % .

2. Dalam menentukan jadwal perawatan peneliti menggunakan metode *Age Replacement*, metode ini bertujuan untuk meminimasi downtime yang terjadi. Berikut usulan jadwal pemeliharaan untuk mesin Spraybooth yaitu pada komponen Blower hendaknya dilakukan penggantian komponen pada saat mesin beroperasi selama 39 hari, pada komponen Motor Blower hendaknya dilakukan penggantian komponen pada saat mesin beroperasi selama 49 hari, pada komponen Pompa Air hendaknya dilakukan penggantian komponen pada saat mesin beroperasi selama 60 hari, pada komponen Pipa Udara hendaknya dilakukan penggantian komponen pada saat mesin beroperasi selama 54 hari, pada komponen Bilik Spraybooth hendaknya dilakukan penggantian komponen pada saat mesin beroperasi selama 59 hari.
3. Dari hasil perhitungan, didapatkan hasil bahwa total biaya pemeliharaan preventive dengan reliability adalah Rp.20.551.965, biaya pemeliharaan preventive modular design berbasis waktu adalah Rp.18.143.179 dan biaya pemeliharaan preventive modular design berbasis sebab-akibat adalah Rp.20.178.096. Metode pemeliharaan yang memiliki biaya pemeliharaan paling rendah yakni, metode preventive modular design berbasis waktu. Modul perawatan yang dihasilkan yakni sebagai berikut: modul 1 (Blower), Modul 2 (Motor Blower) , Modul 3 (Pipa Udara + Bilik Spraybooth + Pompa Air). Biaya yang akan dikeluarkan jika menerapkan metode ini adalah sebesar Rp.18.143.179 per tahun.

PUSTAKA

- Assauri. (2008). *Tujuan Maintenance* . Surabaya: Erlangga.
- G. Pahl, & W. Beirtz. (1996). *Engineering Design: A Systematic Approach, Third Edition*. Springer.
- Handayani, W. (2021). “*Preventive Batching Plant Maintenance with Modularity Design Method at PT.Raja Beton Indonesia*” .
- Kurniawan, F. (2013). *Manajemen Perawatan Industri : Teknik dan Aplikasi Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance dan Reability Centered Mainteace (RCM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Manzini, R. (2010). *Maintenance for Industrial System*. Springer London.
- Paulus Tarigan, Elisabeth Ginting, & Ikhsan Siregar. (2013). “Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance dengan Modularity Design pada PT.RXZ” . *e-Jurnal Teknik Industri FT USU Vol 3, No.3, Oktober 2013 pp. 35-39*.
- Prawirosentono, S. (2009). *Manajemen Operasi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Spiegel, MR. (1983). *Advanced Mathematical for Engineers and Scientist*. Mc Graw-Hill.

Wiwik Handayani. (2021). “Preventive Batching Plant Maintenance with Modularity Design Method at PT.Raja Beton Indonesia” . *International Journal of Innovative Science and Research Technology*.

Wiwin Widiasih, Nur Aziza, Prasetyo, W. A., & Wahyu Aji Prasetyo. (2019). “ Penjadwalan Penggantian Komponen Mesin Press Selang Hidrolik di CV RHODA JAYA”. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri*.