

Usulan Penentuan Kebutuhan Suku Cadang pada Mesin Duan kwei Menggunakan Metode *Reliability Centered Spares* di PT. XYZ

1st Ferro Arief Nurrahman
 Fakultas Rekayasa Industri
 Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia

ferroarief@student.telkomuniversit
 y.ac.id

2nd Judi Alhilman
 Fakultas Rekayasa Industri
 Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia

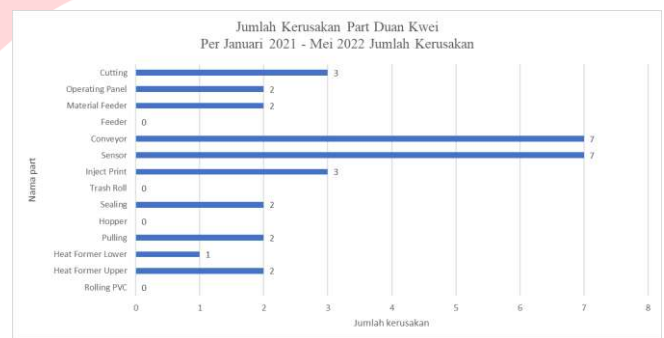
alhilman@telkomuniversity.ac.id

3rd Aji Pamoso
 Fakultas Rekayasa Industri
 Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia

humamsiddiq@telkomuniversity.ac
 .id

Abstrak—PT. XYZ yang merupakan perusahaan industri farmasi di Indonesia yang didirikan oleh Pemerintah Hindia Belanda. Dalam proses produksi pembuatan obat yang dilakukan, terdapat proses yang sangat penting yaitu dalam pengemasan karena proses tersebut merupakan proses akhir sebelum obat didistribusi. Dalam tahap proses pengemasan di PT. XYZ menggunakan mesin bernama mesin Duan Kwei yang berfungsi untuk mengemas seluruh obat herbal yang berbentuk tablet, dengan demikian mesin tersebut perlu adanya perhatian khusus agar mesin tersebut dapat bekerja secara optimal dan dapat menghasilkan produk yang sesuai. Pada analisis akar masalah menggunakan diagram *fishbone* dan analisis FMEA diketahui bahwa faktor yang berpengaruh dalam keketivitasan mesin Duan Kwei adalah keterbatasan *stock* suku cadang. Berdasarkan data historis perusahaan Sub-sistem sensor dan Bearing memiliki frekuensi kerusakan yang tinggi, oleh karena itu diperlukannya pemeliharaan khusus terhadap mesin tersebut. Pendekatan tersebut dilakukan dengan menggunakan metode *Reliability centered spare* yaitu suatu pendekatan yang bertujuan untuk menentukan kebutuhan suku cadang yang dibutuhkan berdasarkan *through-life cost* dan kebutuhan peralatan dalam operasi *maintenance* untuk mendukung *inventory*. Dengan menggunakan metode *Reliability centered spare* didapatkan kebutuhan Sensor dan Bearing yaitu sebanyak 3 dan 4 unit komponen dalam satu tahun dengan *safety stock* 1 unit untuk setiap subsistem.

yang sudah cukup tua, karena mesin Duan Kwei digunakan dari tahun 2006 hingga sekarang.



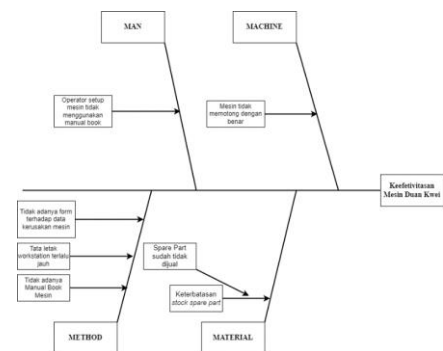
GAMBAR 1
 (Data Kerusakan Mesin Duan Kwei)

terlihat pada gambar 1 merupakan data kerusakan pada mesin Duan Kwei pada Januari 2021 hingga Mei 2022, berdasarkan data diatas sensor dan Bearing pada mesin Duan Kwei merupakan part yang memiliki frekuensi kerusakan yang tinggi. Oleh karena itu, perusahaan melakukan usaha perbaikan atau pemeliharaan serta metode yang baik sehingga proses pengemasan pada mesin Duan Kwei dapat berjalan efektif. Sehingga demi tercapainya keketivitasan mesin Duan Kwei, perusahaan berupaya melakukan pemeliharaan pada mesin Duan Kwei untuk menjaga keketivitasan mesin tersebut. Dalam menganalisis akar permasalahan yang terjadi pada mesin Duan Kwei digambarkan pada fishbone diagram pada gambar 2.

Kata kunci — *sensor, bearing, reliability centered spare, through-life cost, safety stock*

I. PENDAHULUAN

PT XYZ yang merupakan perusahaan industry farmasi di Indonesia yang didirikan oleh Pemerintah Hindia Belanda. Produk produk PT XYZ berupa obat-obatan yang diperlukan dimasa pandemi Covid-19, Dalam proses produksi pembuatan obat yang dilakukan, terdapat proses yang sangat penting yaitu dalam pengemasan karena proses tersebut merupakan proses akhir sebelum obat didistribusi. Dalam tahap proses pengemasan di PT XYZ menggunakan mesin yang bernama mesin Duan Kwei yang berfungsi untuk mengemas seluruh obat herbal yang berbentuk tablet, dengan demikian mesin tersebut perlu adanya perhatian khusus agar mesin tersebut dapat bekerja secara optimal dan dapat menghasilkan produk yang sesuai. Mesin Duan Kwei yang digunakan sudah beroperasi cukup lama dan juga usia mesin



GAMBAR 2
 (Fishbone Diagram)

dilakukan analisis terhadap akar masalah yang paling krusial terhadap mesin Duan Kwei dengan menggunakan FMEA (*failure mode and effect analysis*). Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapatkan perhitungan FMEA yang paling tinggi yaitu “keterbatasan *stock* suku cadang” dengan nilai sebesar 170, akan dipilih sebagai solusi perbaikan. Oleh karena itu, perancangan akan jumlah kebutuhan suku cadang kritis akan dipilih sebagai potensi solusi yang akan dirancang pada penelitian ini. Oleh karena itu, diperlukannya suatu pendekatan terhadap ketersediaan suku cadang. Pendekatan tersebut dilakukan dengan menggunakan metode *Reliability centered spare* yaitu suatu pendekatan yang bertujuan untuk menentukan kebutuhan suku cadang yang dibutuhkan berdasarkan *through-life cost* dan kebutuhan peralatan dalam operasi *maintenance* untuk mendukung *inventory*. Hal tersebut lah yang mendasari penelitian ini yang berjudul “USULAN PENENTUAN KEBUTUHAN SUKU CADANG PADA MESIN DUAN KWEI MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED SPARES (RCS) DI PT XYZ”.

II. KAJIAN TEORI

Teori yang digunakan pada penelitian ini berkaitan dengan mata kuliah yang telah dipelajari diantaranya: Statistika Industri, Analisis Resiko dan Manajemen Aset.

A. Continuous Probability Distribution

1. Exponential distribution

Distribusi eksponensial merupakan distribusi yang digunakan untuk pengujian perkiraan atau prediksi dengan hanya membutuhkan perkiraan rata-rata. Ciri dari distribusi ini adalah bentuk kurva mempunyai ekor di sebelah kanan dan nilai dimulai dari 0 sampai tak hingga [14]. Adapun perhitungan dari distribusi eksponensial:

$$P(X \geq X_0) = e^{-\lambda x_0}$$

Keterangan

- x = interval rata-rata
- λ = parameter rata-rata
- X_0 = rata-rata sampel
- e = eksponensial = 2, 71828...

2. Normal distribution

Distribusi Normal adalah distribusi yang penting dalam bidang statistika. Distribusi ini disebut juga distribusi gauss, distribusi ini umumnya berbentuk seperti lonceng [1]. Adapun persamaan distribusi normal adalah sebagai berikut.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad 1.$$

- 2.

3. Weibull Distribution

Distribusi Weibull merupakan suatu distribusi yang memiliki peranan yang penting pada kehandalan (*reliability*) dan pemeliharaan (*maintainability*). Distribusi Weibull sering digunakan sebagai metode untuk mengetahui fungsi kerusakan, karena perubahan nilai pada distribusi Weibull ini memiliki ekuivalen dengan distribusi tertentu. Distribusi Weibull ini juga telah diakui sebagai metode yang tepat dalam studi kehandalan (*reliability*) dan masalah-masalah lain seperti waktu kegagalan dan panjang usia dari suatu komponen. Adapun perhitungan distribusi Weibull terbagi menjadi tiga parameter [10].

a) Weibull 3 parameter

$$f(x|a, b, c) = \frac{c}{a} \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \exp\left\{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c\right\}, x \geq a$$

Keterangan;

- a = parameter lokasi
- b = parameter skala
- c = parameter bentuk

b) Distribusi Weibull 2 parameter

a. Distribusi versi skala bentuk

$$f(x|0, b, c) = \frac{c}{b} \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} \exp\left\{-\left(\frac{x}{b}\right)^c\right\}$$

b. Distribusi versi lokasi bentuk

$$f(x|a, 1, c) = c(x-a)^{c-1} \exp\{-(x-a)^c\}$$

c. Distribusi versi pergeseran skala

$$f(x|a, b, 1) = \frac{1}{b} \exp\left\{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c\right\}$$

c) Distribusi Weibull 1 parameter

$$a. f(x|0, 1, c) = c(x)^{c-1} \exp\{-x^c\}$$

$$b. f(x|0, b, 1) = \frac{1}{b} \exp\left\{-\left(\frac{x}{b}\right)^c\right\}$$

$$c. f(x|a, 1, 1) = \exp\{-(x-a)^c\}$$

B. Safety Stock

Safety stock merupakan tingkat rata-rata persediaan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kekosongan ketersediaan ketika permintaan meningkat, sehingga tujuan dari *safety stock* menghindari ketidaktersediaan barang pada saat terjadinya lonjakan permintaan [4]. Adapun perhitungan *safety stock* sebagai berikut:

$$SS = \frac{D}{hh} x LT$$

Keterangan:

- SS = safety stock
- Hh = hari kerja dalam 1 tahun
- D = permintaan suku cadang dalam 1 tahun
- LT = lead time

C. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu proses pendekatan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan semua kemungkinan potensi dari kegagalan sistem, desain, dan proses manufaktur berdasarkan efek dan tingkat potensi kegagalan dari yang tertinggi [12]. Adapun keuntungan menggunakan FMEA menurut adalah sebagai berikut [12]:

1. Dapat mengurangi potensi terjadinya kegagalan
2. Dapat mengurangi biaya garansi, produksi, dan scrap.
3. Memudahkan dalam melakukan prioritas perbaikan.

FMEA biasanya digunakan untuk mengidentifikasi tingkat keparahan dari kegagalan (*severity*), kemungkinan terjadinya kegagalan (*occurrence*), dan kemungkinan terdeteksinya kegagalan (*detection*).

D. Pemeliharaan

Pemeliharaan adalah kegiatan manajemen yang dilakukan untuk tujuan pemeliharaan dan langkah-langkah pemeliharaan dengan menerapkan cara seperti kontrol, pengawasan dan keselamatan. Oleh karena itu, tujuan keseluruhan dari pemeliharaan adalah untuk mempertahankan kehandalan untuk memenuhi kebutuhan perusahaan [7].

E. Tujuan Pemeliharaan

Menurut [3], tujuan dilakukannya pemeliharaan yaitu:

1. Untuk memperpanjang umur mesin.
2. Untuk memastikan ketersediaan peralatan yang terpasang sudah optimal untuk proses produksi.
3. Untuk memastikan peratalatan yang diperlukan selalu siap untuk digunakan jika terjadi keadaan darurat.
4. Untuk memastikan keselamatan dan keamanan orang yang menggunakan mesin tersebut.

F. Jenis Jenis Pemeliharaan

1. Corrective Maintenance

Corrective maintenance adalah Tindakan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kesalahan suatu aset yang bertujuan untuk mengembalikan komponen ke keadaan semula sesuai dengan fungsinya, dengan cara memperbaiki atau menggantinya dengan komponen baru atau yang sudah diperbarui. Untuk keputusannya didasarkan pada pertimbangan biaya dan dampaknya di masa depan [3]. Menurut [9] *Corrective maintenance* merupakan tindakan pemeliharaan setelah terjadinya kegagalan pada suatu aset.

2. Preventive Maintenance

Preventive maintenance adalah tindakan pemeliharaan yang sudah dijadwalkan sesuai dengan kebutuhan dari suatu aset, pada pemeliharaan ini biasanya dilakukan dari servis kecil yang membutuhkan waktu singkat hingga perbaikan besar yang membutuhkan waktu yang cukup lama serta perencanaan yang tepat dan sumber daya yang memadai, seperti melakukan inspeksi, perbaikan, pembersihan pelumasan, dan penyelarasan aset [3].

Adapun menurut [3] tujuan dilakukannya *preventive maintenance* adalah untuk:

1. Mencegah terjadi kegagalan pada komponen
2. Mendeteksi awal mula terjadinya kegagalan atau kerusakan
3. Mendeteksi kerusakan yang tersembunyi

3. Predictive Maintenance

Predictive maintenance adalah tindakan pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan dari pola kinerja dari suatu aset ketika suatu komponen hampir mengalami kegagalan dan harus dilakukan perbaikan terhadap komponen tersebut [3].

G. Reliability Centered Spares (RCS)

Reliability Centered Spares merupakan sebuah metode untuk menentukan tingkat persediaan suku cadang yang didasarkan pada perhitungan *through life costing* dan kebutuhan akan peralatan untuk mendukung proses pemeliharaan. Oleh karena itu, RCS dapat berfungsi untuk dmastikan kebutuhan suku cadang dalam melakukan pemeliharaan, menentukan rencana dalam penggunaan suku cadang dan menentukan kebutuhan suku cadang yang dibutuhkan dalam setahun [15].

H. Risk Matrix

Risk Matrix adalah sebuah matrik yang digunakan untuk melakukan penilaian risiko (*risk assesment*) untuk menganalisis tingkat risiko dari beberapa kategori yang kemungkinan berbahaya dan dampak yang didapatkan dari risiko tersebut. Dalam penggunaannya *risk matrix* juga mempertimbangkan pengkategorian probabilitas (likelihood) dan tingkat kearahannya (*severity*) dari suatu risiko untuk membangun peringkat risiko [11]. Berikut merupakan contoh *Risk Assesment*:

TABEL 1
(Risk Assesment)

| Probability | Severity | | | |
|-------------|----------|----------|-------|--------------|
| | Minor | Moderate | Major | Catastrophic |
| Frequent | 1 | 2 | 3 | 3 |
| Occasional | 1 | 1 | 2 | 3 |
| Uncommon | 1 | 1 | 2 | 3 |
| Remote | 1 | 1 | 2 | 3 |

1. Likelihood Matrix

Likelihood Matrix adalah kategori munculnya kerusakan pada periode waktu tertentu [11]. Adapun contoh *likelihood matrix* pada tabel 2 dibawah ini:

TABEL 2
(Likelihood Matrix)

| Likelihood | Consequences | | |
|-----------------|------------------|---------|-------------------|
| | Slightly harmful | Harmful | Extremely harmful |
| Highly unlikely | Low | Low | Medium |
| Unlikely | Low | Medium | High |
| Likely | Medium | High | High |

Keterangan:

a). Likelihood

a. *Highly Unlikely* – tidak terjadi secara sering dikarenakan seorang karyawan profesional.

b. *Unlikely* – Mungkin dapat terjadi lebih dari sekali.

c. *Likely* – Kemungkinan bisa terjadi lebih dari beberapa kali.

b) Consequence

a. *Slightly harmful* – Kerusakan yang terjadi tidak berpengaruh terhadap jalannya proses produksi

b. *Harmful* – Kerusakan yang terjadi cukup berpengaruh terhadap produksi

c. *Extremely harmful* – kerusakan yang terjadi sangat berbahaya sehingga proses produksi dapat berhenti.

2. Severity Matrix

Severity Matrix adalah matrik tingkat keparahan yang berfungsi untuk mengukur dampak risiko bila terjadi kerusakan pada subsistem mesin berdasarkan dari 4 tingkatan yaitu, *minor, moderate, major, dan Catastrophic* [11]. Berikut merupakan contoh table dari severity matrix beserta risikonya

TABEL 3
(Severity Matrix)

| Severity | Category | Definisi |
|--------------|----------|--|
| Minor | 1 | Kurang dari cedera ringan, penyakit akibat kerja |
| Moderate | 2 | Cedera ringan, penyakit akibat kerja ringan |
| Major | 3 | Cedera parah, penyakit akibat kerja |
| Catastrophic | 4 | Kematian |

3. Risk Scoring

Risk Scoring adalah kategori risiko yang terjadi dan Tindakan pencegahan apa yang dilakukan. Dimana setiap warna memiliki arti, yaitu merah menunjukkan bahwa memiliki kategori tinggi, warna kuning memiliki kategori medium, dan

warna hijau memiliki kategori resiko [11]. *Risk scoring* dapat dilihat pada tabel 4.

TABEL 4
(Risk Scoring)

| Lambang | Kategori resiko | Tindakan |
|---------|-----------------|--|
| | High | Hentikan kegiatan dan segera melakukan perbaikan |
| | Medium | Tindak lanjuti kegiatan dan lakukan pengecekan atau perbaikan proses |
| | Low | Tidak perlu adanya perbaikan dan pertahankan kinerja mesin |

I. Mean Time to Failure (MTTF)

MTTF merupakan rata-rata waktu kerusakan yang dialami sebuah mesin dari awal beroperasi hingga mesin mengalami kerusakan. Menyajikan dan menjelaskan teori-teori yang berkaitan dengan variabel-variabel penelitian. Poin subjudul ditulis dalam abjad.

Berikut merupakan perhitungan nilai MTTF untuk setiap distribusinya:

A. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu$$

B. Distribusi Ekponensial

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

C. Distribusi Weibull

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

J. Poisson Process

Poisson process merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung *Suku cadang* berdasarkan reliability [6].

1. Repairable Item

Suatu komponen dianggap komponen repairable apabila komponen tersebut dapat diperbaiki dan tidak memakan biaya yang banyak saat perbaikan komponen [6]. Berikut merupakan perhitungan komponen *repairable*:

$$\lambda t = \frac{1}{MTBR} \quad t = \frac{AxNxMxRT}{MTBR}$$

Keterangan:

- λt = jumlah kerusakan yang terjadi
- A = jumlah komponen yang ada pada mesin
- N = jumlah mesin
- M = waktu operasi mesin
- RT = waktu rata-rata perbaikan

2. Non-Repairable Item

Suatu komponen dianggap sebagai komponen non-repairable apabila komponen tersebut tidak dapat diperbaiki dan biaya yang dikeluarkan untuk memperbaiki jauh lebih tinggi dibanding dari membeli komponen baru [6]. Berikut merupakan perhitungan komponen *non-repairable*:

$$\lambda t = \frac{1}{MTBF} \quad t = \frac{AxNxMxT}{MTTF}$$

Keterangan:

- λt = jumlah kerusakan yang terjadi
- A = jumlah komponen yang ada pada mesin

- N = jumlah mesin
- M = waktu operasi mesin
- T = periode

K. fishbone Diagram

Fishbone Diagram merupakan sebuah metode grafis yang biasa digunakan untuk menganalisis akar penyebab masalah. *Fishbone diagram* biasanya biasa dikenal dengan diagram sebab akibat [2].

III. METODE

Metode perancangan pada tugas akhir ini dibagi menjadi empat tahap, yaitu:

A. Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahap awal yang dilakukan, pada tahapan ini penulis bertujuan untuk melakukan pengumpulan data atau informasi yang dibutuhkan atau terkait dalam analisis permasalahan. Didapatkan dua jenis data hasil dari wawancara dan observasi sebagai berikut:

1. Data primer

Data primer adalah data atau informasi yang diperoleh untuk tujuan penelitian yang bersumber langsung dari hasil observasi dan wawancara yang dilakukan di area kerja. Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah waktu jam kerja dan mesin.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data atau informasi yang telah ada dan tersedia dalam berbagai bentuk. Biasanya sumber data sekunder ini dapat diperoleh dari data historis yang sudah diolah sedemikian rupa sehingga data tersebut siap digunakan. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data kerusakan, data sub-sistem, dan data kegagalan.

B. Tahap Perancangan

Tahap perancangan adalah tahapan yang dilakukan untuk usulan perbaikan dari permasalahan yang ada. Pada tahap ini terdapat dua langkah, yaitu pengolahan data dan perancangan usulan perbaikan.

1. Pengolahan Data



GAMBAR 3
(Flowchart Pengolahan data)

Pada gambar 3 merupakan tahap pengolahan data, dalam tahapan pengolahan data akan dilakukan beberapa langkah-langkah yang dilakukan dan menghasilkan output sesuai dengan tujuan dari penelitian ini:

a) Deskripsi Mesin

Pada tahap ini bertujuan untuk mendeskripsikan mesin yang digunakan sebagai objek penelitian yaitu mesin Duan Kwei dan melakukan *system breakdown structure* (SBS) dari mesin yang digunakan dengan tujuan untuk menganalisis sistem, sub-sistem, serta komponen yang menyusun mesin tersebut.

b) Pemilihan sub-sistem kritis

Pada tahap ini dilakukannya *criticality analysis* pada sub-sistem dari mesin Duan Kwei dengan menggunakan metode *risk matrix* untuk menentukan Suku cadang kritis.

c) Pengklasifikasian sub-sistem kritis

Pada tahap ini dilakukan pengklasifikasian sub-sistem kritis apakah termasuk dalam suku cadang *repairable* atau *non-repairable*.

d) Penentuan Distribusi Time to Failure (TTF)

Pada tahap ini dilakukan penentuan distribusi data. Terdapat tiga distribusi pada tahap ini yaitu normal, ekponensial, dan Weibull dengan menggunakan uji *Anderson Darling* (AD). Nilai AD akan menentukan apakah distribusi tersebut mewakili penyebaran suatu data, nilai AD terkecil nantinya yang akan terpilih sebagai parameter distribusinya. Pengujian AD akan menggunakan aplikasi *Minitab-19*.

e) Pengelompokan Distribusi Time to Failure (TTF)

Pada tahap ini dilakukan pengelompokan distribusi TTF yang bertujuan untuk mendapatkan parameter berdasarkan parameter distribusi dari setiap sub-sistem kritis. Pada tahap pengelompokan ini akan menggunakan aplikasi *avsim +9.0*.

f) Penentuan Nilai Mean Time to Failure (MTTF)

Pada tahap ini menentukan *mean time to failure* berdasarkan distribusi pada subsistem kritis dari setiap masing-masing subsistem dengan menggunakan parameter distribusi yang telah diperoleh menggunakan *avsim +9.0*.

g) Perhitungan Jumlah Kebutuhan Suku cadang Kritis

Pada tahap ini dilakukan perhitungan jumlah kebutuhan dari suku cadang berdasarkan tingkat kerusakan dari sub-sistem kritis yang terpilih pada mesin Duan Kwei. Perhitungan ini jumlah kebutuhan subsistem dibagi berdasarkan jenis perbaikannya yaitu *repairable* (dapat diperbaiki) dan *non-repairable* (tidak dapat diperbaiki).

h) Perhitungan Safety Stock Suku Cadang Kritis

Pada tahap ini dilakukan perhitungan akan safety stock dari suku cadang kritis berdasarkan jumlah kebutuhan, hari kerja dan lead time dari suku cadang kritis.

2. Perancangan Usulan Perbaikan

Langkah-langkah perancangan usulan perbaikan dibagi menjadi beberapa langkah yang dapat dilihat pada gambar 4.



GAMBAR 4
(Perancangan Usulan Perbaikan)

Pada gambar 4 dapat dilihat merupakan perancangan usulan perbaikan, antara lain yaitu:

a. Usulan jumlah kebutuhan suku cadang kritis

Pada tahap perancangan ini diusulkan jumlah kebutuhan yang optimal dan *safety stock* untuk suku cadang kritis dari mesin Duan Kwei.

b. Usulan formulir kerusakan mesin Duan Kwei

Pada tahap perancangan ini diusulkan formulir kerusakan mesin Duan Kwei yang akan digunakan untuk memudahkan pencatatan kerusakan dari mesin Duan Kwei.

C. Tahap Verifikasi

Pada tahapan verifikasi ini dilakukan pengujian sistem dan Analisa hasil dari perancangan, pada tahap ini menentukan apakah usulan rancangan dapat berjalan dengan baik, sehingga jika terdapat kesalahan pada rancangan segera dapat dihilangkan. Selanjutnya dapat dilakukan analisis analisis dari hasil usulan rancangan yang dibuat.

D. Tahap Validasi

Tahap Validasi ditujukan untuk mengesahkan atas usulan perancangan yang disarankan oleh penulis kepada perusahaan. Pada tahap validasi dilakukan oleh perusahaan terkait.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengklasifikasian Sub-Sistem Kritis

Pengklasifikasian sub-sistem kritis ini bertujuan untuk mengklasifikasikan sub-sistem mengetahui metode yang akan dipakai untuk perhitungan dalam uji distribusi.

TABEL 5
(Klasifikasi Sub-sistem)

| Sub-sistem Kritis | Klasifikasi Sub-sistem Kritis |
|-------------------|-------------------------------|
| Sensor | <i>Non-repairable</i> |
| Bearing | <i>Non-repairable</i> |

Pada tabel 5 Pengklasifikasian sub-sistem kritis ini bertujuan untuk mengklasifikasikan sub-sistem mengetahui metode yang akan dipakai untuk perhitungan dalam uji distribusi.

B. Penentuan Distribusi Time to Failure (TTF)

Pada tahap ini dilakukan penentuan distribusi data. Terdapat tiga distribusi pada tahap ini yaitu normal, ekponensial, dan Weibull dengan menggunakan uji *Anderson Darling* (AD). Nilai AD akan menentukan apakah distribusi tersebut mewakili penyebaran suatu data, nilai AD terkecil nantinya yang akan terpilih sebagai parameter distribusinya. Nilai p-value digunakan sebagai parameter diterima atau ditolaknya suatu hipotesis jika $p\text{-value} < \alpha$. Pengujian AD akan menggunakan aplikasi *Minitab-19* dan menggunakan signifikan level (α) yaitu 0.05 atau 95%.

Parameter yang diperoleh dari distribusi yang terpilih menggunakan *minitab-19*,

TABEL 6
(Distribusi TTF)

| TTF | | | | |
|-----------|------------|---------|----------|-----------------------|
| Subsistem | Distribusi | p-value | Nilai AD | Distribusi terpilih |
| Bearing | Normal | 0,200 | 0,428 | Distribusi Ekspensial |
| | Ekspensial | 0,966 | 0,173 | |
| | Weibull | > 0,250 | 0,195 | |
| Sensor | Normal | 0,098 | 0,534 | Distribusi Weibull |
| | Ekspensial | 0,606 | 0,382 | |
| | Weibull | > 0,250 | 0,260 | |

C. Pengelompokan Distribusi Time to Failure (TTF)

Pada tahap ini dilakukan pengelompokan distribusi TTF yang bertujuan untuk mendapatkan parameter berdasarkan parameter distribusi dari setiap sub-sistem kritis. Pada tahap pengelompokan ini akan menggunakan aplikasi *avsim +9.0*.

TABEL 7
(Pengelompokan Distribusi Time to Failure)

| Subsistem | Distribusi | Parameter |
|-----------|-------------|-------------------|
| Bearing | Ekponensial | $\mu = 1317,51$ |
| Sensor | Weibull | $\eta = 1329,870$ |
| | | $\beta = 0,750$ |

D. Penentuan Nilai Mean Time to Failure (MTTF)

Pada tahap ini menentukan mean time to failure berdasarkan distribusi pada subsistem kritis dari setiap masing-masing subsistem dengan menggunakan parameter distribusi yang telah diperoleh menggunakan *avsim +9.0*.

TABEL 8
(Nilai MTTF)

| Mean Time to Failure (MTTF) | | | | | |
|-----------------------------|-------------|------------------|-------------------|-------------|------------|
| Subsistem | Distribusi | Parameter | (1+(1/ β)) | Tabel Gamma | MTTF (JAM) |
| Bearing | Ekponensial | $\mu = 1317,51$ | - | - | 1317,51 |
| Sensor | Weibull | $\eta = 1329,87$ | 2,3324 | 1,1881 | 1582,52 |
| | | $\beta = 0,75$ | 4 | 9 | 7 |

E. Perhitungan Jumlah Kebutuhan Suku cadang Kritis

Perhitungan jumlah kebutuhan suku cadang kritis dilakukan dengan menggunakan metode Poisson Process dan safety stock untuk dalam jangka waktu satu tahun kedepan.

1. Perhitungan Jumlah Kebutuhan Suku cadang Kritis Bearing merupakan suku cadang kritis yang ada pada mesin Duan Kwei dan termasuk subsistem *non-repairable*, maka perhitungan suku cadang Bearing adalah sebagai berikut:

$$\lambda t = \frac{AxNxMxT}{MTTF} = \frac{1x1x160x12}{1478,067} = 1,299$$

TABEL 9
(Perhitungan Jumlah Kebutuhan Bearing)

| n | λt | % |
|---|-------------|------|
| 0 | 1,4573 | 23% |
| 1 | 1,4573 | 57% |
| 2 | 1,4573 | 82% |
| 3 | 1,4573 | 94% |
| 4 | 1,4573 | 98% |
| 5 | 1,4573 | 100% |

Tabel 9 merupakan hasil perhitungan akhir jumlah kebutuhan suku cadang kritis Bearing pada mesin Duan Kwei. Untuk memenuhi 95% ketersediaan suku cadang kritis Bearing selama satu tahun dibutuhkan sebanyak 4unit pasang Bearing.

2. Perhitungan Safety Stock Bearing

Pada tahap ini dilakukan perhitungan Safety Stock pada suku cadang kritis Bearing yang bertujuan agar tidak terjadinya kekosongan ketersediaan suku cadang apabila permintaan

produksi meningkat. Adapun perhitungan suku cadang Bearing adalah sebagai berikut:

$$\text{hari kerja dalam 1 tahun (Hh)} = 20\text{hari/bulan} \times 12 \text{ bulan}$$

$$= 240 \text{ Hari}$$

$$\text{permintaan suku cadang dalam 1 tahun (D)} = 3 \text{ Unit}$$

$$\text{lead time (LT)} = 14 \text{ Hari}$$

$$SS = \frac{D}{hh} \times LT$$

$$SS = \frac{4}{240} \times 14$$

$$SS = 0,233 \sim 1$$

$$SS = 1$$

Berdasarkan perhitungan *safety stock* yang telah dilakukan untuk mesin Duan Kwei didapatkan bahwa *safet stock* yang dibutuhkan dalam waktu satu tahun sebanyak 1-unit pasang.

3. Perhitungan Jumlah Kebutuhan Sensor

Sensor merupakan suku cadang kritis yang ada pada mesin Duan Kwei dan termasuk subsistem *non-repairable*, maka perhitungan suku cadang Sensor adalah sebagai berikut:

$$\lambda t = \frac{AxNxMxT}{MTTF} = \frac{1x1x160x12}{1585,527} = 1,2132$$

TABEL 10
(Perhitungan Jumlah Kebutuhan Sensor)

| n | λt | % |
|---|-------------|-----|
| 0 | 1,2132 | 0% |
| 1 | 1,2132 | 66% |
| 2 | 1,2132 | 88% |
| 3 | 1,2132 | 97% |
| 4 | 1,2132 | 99% |

Tabel merupakan hasil perhitungan akhir jumlah kebutuhan suku cadang kritis Bearing pada mesin Duan Kwei. Untuk memenuhi 95% ketersediaan suku cadang kritis Bearing selama satu tahun dibutuhkan sebanyak 3unit Sensor.

4. Perhitungan Jumlah Kebutuhan Sensor

Pada tahap ini dilakukan perhitungan Safety Stock pada suku cadang kritis sensor yang bertujuan agar tidak terjadinya kekosongan ketersediaan suku cadang apabila permintaan produksi meningkat. Adapun perhitungan suku cadang Bearing adalah sebagai berikut:

$$\text{Hari kerja dalam 1 tahun (Hh)} = 20\text{hari/bulan} \times 12 \text{ bulan}$$

$$= 240 \text{ Hari}$$

$$\text{Permintaan suku cadang dalam 1 tahun (D)} = 3 \text{ Unit}$$

$$\text{Lead time (LT)} = 14 \text{ Hari}$$

$$SS = \frac{D}{hh} \times LT$$

$$SS = \frac{3}{240} \times 14$$

$$SS = 0,175 \sim 1$$

$$SS = 1$$

Berdasarkan perhitungan safety stock yang telah dilakukan untuk mesin Duan Kwei didapatkan bahwa safety stock yang dibutuhkan dalam waktu satu tahun sebanyak 1 unit.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian di PT. XYZ maka diperoleh kesimpulan. Suku cadang kritis pada mesin Duan Kwei yaitu, Bearing dan Sensor. Hasil rancangan pada penelitian ini jumlah kebutuhan suku cadang kritis pada waktu satu tahun untuk mesin Duan Kwei berjumlah 4 unit suku cadang dan 1 unit safety stock untuk suku cadang Bearing. Sedangkan untuk suku cadang sensor jumlah kebutuhan dalam waktu satu tahun sebanyak 3 unit suku cadang dan 1 unit safety stock.

REFERENSI

- [1] Bluman, A. G. (2012). *Elementary Statistics A Step by Step Approach Eight Edition*. New York McGraw-Hill
- [2] Bryc, W. (1995). *The Normal Distribution* (Vol. 100). Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2560-7>
- [3] Chang, C. M., Zhan, W., & Ding, X. (2016). *Lean Six Sigma and Statistical Tools for Engineers and Engineering Managers*. ENGINEERING MANAGEMENT COLLECTION.
- [4] Ebeling, C. E. (2010). *An introduction to reliability and maintainability engineering by Ebeling, Charles E (z-lib.org)*.
- [5] Edward A. Silver, David F. Pyke, & Douglas J. Thomas. (2016). *Inventory and Production Management in Supply Chains Fourth Edition*.
- [6] Eviondra, A. (2021). *Analisa Persediaan Spare Parts Berdasarkan Klasifikasi ABC-FSN dan Realibility Centered Spares pada Industri Pembangkit Listrik*.
- [7] Fukuda. (2008). *SPARE PARTS STOCK LEVEL CALCULATION 1.0 Objective*.
- [8] Galar, D., Sandborn, P., & Kumar, U. (2017). *Maintenance Costs and Life Cycle Cost Analysis*.
- [9] Ginorann, B., Aurachman, R., Tatas, F., & Atmaji, D. (2021). *USULAN PENENTUAN SUKU CADANG TRUK HINO FL 235 DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED SPARES PADA CV. PALAPA JAYA PROPOSED MANAGEMENT OF SPARE PARTS ON HINO FL 235 TRUCK USING RELIABILITY CENTERED SPARES AT CV. PALAPA JAYA*.
- [10] Helmi, M., Alhilman, D. J., & Pamoso, A. (2020). *USULAN KEBIJAKAN MAINTENANCE UNTUK KOMPONEN KRITIS MESIN LEAN CARBONATE CIRCULATION PUMP C1110-JC MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE DENGAN MEMPERTIMBANGKAN RADICAL MAINTENANCE (STUDI KASUS: PT XYZ) THE PROPOSED POLICY MAINTENANCE FOR CRITICAL COMPONENTS OF LEAN CARBONATE CIRCULATION PUMP C1110-JC MACHINE USING THE METHOD OF RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE BY CONSIDERING RADICAL MAINTENANCE (CASE STUDY: PT XYZ)*.
- [11] Ota, L. G. (2016). *Distribusi Probabilitas Weibull Dan Aplikasinya (Pada Persoalan Keandalan (Reliability) Dan Analisis Rawatan (Maintainability))*.
- [12] Ristic, D. (2013). A TOOL FOR RISK ASSESSMENT. *Safety Engineering*, 3(3). <https://doi.org/10.7562/se2013.3.03.03>
- [13] Stamatis, D. H. (2019). *Risk Management Using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.
- [14] Ulfah, M., & Ferdinant, P. F. (2021). Usulan perawatan mesin press h-draw pada divisi stamping press dengan metode reliability centered maintenance dan reliability centered spares (studi kasus: PT. TMMI). *Journal Industrial Servics*, 7(1), 106. <https://doi.org/10.36055/jiss.v7i1.12777>
- [15] Vero Wahyudi, G., Sinulingga, S., & Firdaus, F. (2012). PERANCANGAN SISTEM SIMULASI ANTRIAN KENDARAAN BERMOTOR PADA STASIUN PENGISIAN BAHAN-BAKAR UMUM (SPBU) MENGGUNAKAN METODE DISTRIBUSI EKSPONENSIAL STUDI KASUS: SPBU SUNSET ROAD. *Jurnal Elektronik Ilmu Komputer - Universitas Udayana*.
- [16] Yusuf, M., Sodikin, I., & Wulandari, W. (2019). Parts Procurement Planning Using the Poisson Process Method and Reliability Centered Spares. *Saudi Journal of Engineering and Technology*, 04(09), 393–400. <https://doi.org/10.36348/sjeat.2019.v04i09.009>