

Perancangan Penjadwalan *Preventive Maintenance Spindle* Mesin *Seaming* Untuk Meminimasi *Defect* Produk *Dry Battery* Pada Proses *Seaming* Di Pt Xyz Menggunakan Pendekatan Dmai

1st Alvinia Shafira
Universitas Telkom
Fakultas Rekayasa Industri
Bandung, Indonesia
alviniashfr@student.telkomuniversit
y.ac.id

2nd Marina Yustiana Lubis
Universitas Telkom
Fakultas Rekayasa Industri
Bandung, Indonesia
marinayustianalubis@telkomuniver
sity.ac.id

3rd Yunita Nugrahaini
Universitas Telkom
Fakultas Rekayasa Industri
Bandung, Indonesia
yunitanugrahaini@telkomuniversity
.ac.id

Abstrak

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pembuatan sumber energi. Salah satu produk yang dihasilkan adalah *Dry Battery* (Mangan). Berdasarkan data historis periode April 2020 – Maret 2021, lini UM-4 memiliki persentase produk *defect* sebesar 0.60%, sedangkan persentase toleransi produk *defect*-nya adalah sebesar 0.54%. Adapun proses yang paling banyak menghasilkan produk yang tidak sesuai adalah proses *seaming* dengan *appearance* sebagai kategori jenis *defect* yang terjadi. Tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk memberikan rancangan penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming* untuk meminimasi *defect* pada proses *seaming* di PT XYZ. Metode yang digunakan untuk penyelesaian masalah adalah melalui pendekatan DMAI (*Define, Measure, Analyze, Improve*), sedangkan metode untuk melakukan perancangan adalah dengan perhitungan nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR). Hasil perancangan yang didapatkan adalah adanya perancangan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming* dalam interval waktu 14.239 hari mesin *Seaming* beroperasi setelah kerusakan sebelumnya. Kemudian, dilakukan perhitungan *preventive maintenance* optimal dan hasil yang didapatkan adalah 10.14 hari kerja. Berdasarkan penelitian yang telah

dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa penelitian ini telah berhasil merancang penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming* yang dapat meminimasi *defect* pada proses *seaming* di PT XYZ.

Kata Kunci: *Dry Battery, Defect, Proses Seaming, DMAI, Penjadwalan Preventive Maintenance*

Abstract

PT XYZ is a manufacturing company that produced *Dry Battery* (Manganese). Based on historical data for the period April 2020 – March 2021, the UM-4 line has a defect product percentage of 0.60%, while the tolerance is 0.54%. The process that produces the most defect products is the *seaming* process with *appearance* as the category of the type of defect. The purpose of this research is to provide a scheduling design for *preventive maintenance* of the *Seaming* machine spindle to minimize defects in the *seaming* process at PT XYZ. The methods are the DMAI approach (*Define, Measure, Analyze, Improve*) and by calculating the *Mean Time to Failure* (MTTF) and *Mean Time to Repair* (MTTR) values. The design results obtained are the design of *preventive maintenance* for the *Seaming* machine spindle in an interval of 14,239 days the *Seaming* machine operates after the previous damage. Then, the calculation of optimal *preventive maintenance* is carried out and the results obtained are 10.14 working days. Based on the research that has been done, it can be concluded that this research has succeeded in designing a *preventive maintenance*

schedule for the Seaming machine spindle which can minimize defects in the seaming process at PT XYZ.

Keywords: *Dry Battery, Defect, Seaming Process, DMAI, Preventive Maintenance Scheduling*

I. PENDAHULUAN

Produk yang berkualitas merupakan produk yang sesuai dengan spesifikasi dan sesuai dengan keinginan konsumen. Produk yang tidak sesuai dengan standar kualitas akan disebut sebagai produk *defect* [12]. Jumlah produk *defect* ini harus diminimalisir untuk menghindari *cost of poor quality*, yaitu biaya yang dikeluarkan akibat tidak memenuhi persyaratan konsumen [7]. Melihat hal tersebut, penting bagi perusahaan untuk menghasilkan produk yang berkualitas, yaitu dengan memastikan bahwa proses produksi berjalan dengan baik.

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pembuatan sumber energi. Salah satu produk yang dihasilkan adalah *Dry Battery* (Mangan). Berdasarkan data historis periode April 2020 – Maret 2021, lini UM-4 memiliki rata-rata persentase produk *defect* sebesar 0.60%, sedangkan persentase toleransi produk *defect*-nya adalah sebesar 0.54%. Dalam memproduksi *Dry Battery* lini UM-4, perusahaan memiliki *Critical to Quality* produk atau spesifikasi produk yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 CTQ Produk *Dry Battery* Lini UM-4

No	Critical to Quality	Keterangan
1	Zinc Can	Zinc Can memiliki tinggi sesuai standar 39.8 mm, diameter sebesar 6.8 mm, dan tidak penyok.
2	Separator Paper	Separator Paper memiliki tinggi 37.8 mm, tebal sebesar 0.05 mm, dan tidak terlipat.
3	Bottom Insulator	Bottom Insulator memiliki tebal sebesar 0.55 mm, diameter sebesar 6.7 mm, dan terpasang tegak lurus.
4	Mix Bobbin	Mix Bobbin memiliki berat 3.22 gram dan kelembapan 65% - 68%.

	sesuai standar	
5	Upper Insulator	Upper Insulator memiliki tebal sebesar 0.55 mm dan diameter sebesar 6.7 mm.
	sesuai standar	

Tabel 1 CTQ Produk *Dry Battery* Lini UM-4 (Lanjutan)

No	Critical to Quality	Keterangan
6	Carbon Rod	Carbon Rod memiliki diameter 3 mm, panjang sebesar 44 mm, dan terpasang tegak lurus.
7	Gasket	Gasket memiliki diameter sebesar 6.8 mm dan terpasang tepat (masuk sedalam 0.5 mm pada bagian atas Zinc Can).
8	PVC Tube	PVC Tube memiliki panjang 46.9 mm dan tidak keriting.
9	Bottom Plate	Bottom Plate memiliki tebal sebesar 0.2 mm, diameter sebesar 6.8 mm, dan tidak miring.
10	Seal Ring	Seal Ring memiliki tebal sebesar 0.55 mm, diameter sebesar 6.8 mm, dan tidak miring.
11	Metal Jacket	Metal Jacket memiliki diameter sebesar 10.5 mm dan tinggi sebesar 45.0 mm, Metal Jacket setelah seaming memiliki diameter dalam sebesar 7.6 mm, serta tidak dekok.
12	Cap	Cap masuk ke dalam Carbon Rod sedalam 0.8 mm dan tidak miring.

13	<i>Insulation Ring</i> sesuai standar	<i>Insulation Ring</i> memiliki tebal sebesar 0.55 mm dan diameter sebesar 6.8 mm.
----	---------------------------------------	--

Tabel 2 Hasil Produksi *Dry Battery* Lini UM-4 Periode April 2020 – Maret 2021

Bulan	Jumlah Produksi (pcs)	Jumlah Produk Defect (pcs)	Produk Defect (%)
April	17,185,770	103,413	0.60%
Mei	17,440,502	111,016	0.64%
Juni	15,213,150	98,129	0.65%

Tabel 2 Hasil Produksi *Dry Battery* Lini UM-4 Periode April 2020 – Maret 2021 (Lanjutan)

Bulan	Jumlah Produksi (pcs)	Jumlah Produk Defect (pcs)	Produk Defect (%)
Juli	16,180,257	100,032	0.62%
Agustus	16,767,077	106,887	0.64%
September	16,091,070	94,239	0.59%
Oktober	18,275,194	114,194	0.62%
November	19,101,995	117,161	0.61%
Desember	18,991,817	113,155	0.60%
Januari	16,622,648	96,525	0.58%
Februari	16,787,890	91,933	0.55%
Maret	15,650,450	85,664	0.55%

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa persentase produk *defect* pada lini UM-4 masih melebihi batas toleransi di setiap bulannya. Berdasarkan data produksi, berikut merupakan jenis *defect* yang terjadi yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Jenis *Defect* Produk *Dry Battery* Lini UM-4

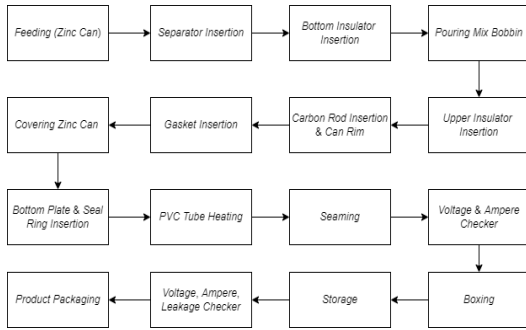
Jenis Defect	Keterangan
Berat <i>Mix Bobbin</i> tidak sesuai	Berat <i>Mix Bobbin</i> tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan
Kelembapan <i>Mix Bobbin</i> tidak sesuai	Kelembapan <i>Mix Bobbin</i> tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan

<i>Carbon Rod</i> patah	Panjang <i>Carbon Rod</i> tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan
<i>Carbon Rod</i> miring	<i>Carbon Rod</i> tidak terpasang tegak lurus
<i>Gasket</i> miring	<i>Gasket</i> tidak terpasang pada bagian atas <i>Zinc Can</i> sedalam ukuran yang telah ditetapkan
Dimensi <i>PVC Tube</i> tidak sesuai	Dimensi <i>PVC Tube</i> tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan

Tabel 3 Jenis *Defect* Produk *Dry Battery* Lini UM-4 (Lanjutan)

Jenis Defect	Keterangan
<i>PVC Tube</i> keriting	<i>PVC Tube</i> tidak menempel rapat pada <i>Cell Battery</i>
<i>Cap</i> lepas	<i>Cap</i> tidak masuk ke dalam <i>Carbon Rod</i> sedalam ukuran yang telah ditetapkan
<i>Insulation Ring</i> putus	<i>Insulation Ring</i> terpotong
<i>Metal Jacket</i> dekok	Terdapat dekok pada bagian atas <i>Metal Jacket</i>
Hasil <i>seaming Metal Jacket</i> tidak sesuai	Diameter dalam <i>Metal Jacket</i> setelah <i>seaming</i> tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan
<i>Voltage</i>	Besaran <i>voltage</i> tidak sebesar 1.5 V karena <i>defect</i> komponen <i>Mix Bobbin/Carbon Rod/Gasket/PVC</i>
<i>Ampere</i>	Besaran <i>ampere</i> tidak sebesar 4 A karena <i>defect</i> komponen <i>Mix Bobbin</i>

Pada Tabel 3 menunjukkan jenis *defect* produk *Dry Battery* lini UM-4. Pada Departemen Produksi (*Assembling*), terdapat 16 tahapan proses dimana lini tersebut merupakan rangkaian otomatis dari proses awal hingga akhir. Berikut Gambar 1 menggambarkan tahapan proses yang terjadi:



Gambar 1 Tahapan Proses Departemen Produksi (Assembling)

Untuk memenuhi CTQ produk, setiap tahapan proses produksi memiliki persyaratan yang harus dipenuhi yang disebut dengan CTQ proses. Berikut Tabel 4 menjabarkan jenis *defect*, CTQ produk yang tidak terpenuhi, tahapan proses yang bermasalah, dan CTQ proses yang tidak terpenuhi:

Tabel 4 Jenis *Defect* dalam Setiap Tahapan

Jenis <i>Defect</i>	CTQ Produk Tidak Terpenuhi	Tahapan Proses Masalah	CTQ Proses Tidak Terpenuhi
Berat <i>Mix Bobbin</i> tidak sesuai	<i>Mix Bobbin</i> sesuai standar	<i>Pouring Mix Bobbin</i>	Tekanan <i>spindle</i> pada mesin RME sebesar 2 N/m ²
Kelembapan <i>Mix Bobbin</i> tidak sesuai			<i>Spindle</i> pada mesin RME bersih
<i>Voltage</i> dan <i>Ampere</i>			Pengecekan berat <i>Mix Bobbin</i> (manual)
<i>Carbon Rod</i> patah	<i>Carbon Rod</i> sesuai standar	<i>Carbon Rod Insertion & Can Rim</i>	Tekanan <i>spindle</i> pada mesin
<i>Carbon Rod</i> miring			<i>Carbon Rod Insertion and Can Rim</i> sebesar 2 N/m ²

<i>Voltage</i>			Pengecekan visual dan dimensi produk (manual)
<i>Gasket miring</i>	<i>Gasket</i> sesuai standar	<i>Gasket Insertion</i>	Tekanan <i>spindle</i> pada mesin <i>Gasket Insertion</i> = 2 N/m ²
<i>Voltage</i>			Pengecekan visual dan dimensi produk (manual)

Tabel 4 Jenis *Defect* dalam Setiap Tahapan (Lanjutan)

Jenis <i>Defect</i>	CTQ Produk Tidak Terpenuhi	Tahapan Proses Masalah	CTQ Proses Tidak Terpenuhi
Dimensi <i>PVC Tube</i> tidak sesuai	<i>PVC Tube</i> sesuai standar	<i>Covering Zinc Can</i>	<i>Cutter</i> di <i>setting</i> untuk memotong <i>PVC Tube</i> sebesar 46.9 mm
<i>Voltage</i>			Pengecekan dimensi produk secara manual
<i>PVC Tube</i> keriting	<i>PVC Tube</i> sesuai standar	<i>PVC Tube Heating</i>	Temperatur <i>heater</i> 80 – 83 derajat celsius
<i>Voltage</i>			Pengecekan visual produk secara manual
<i>Cap</i> lepas	<i>Cap</i> sesuai standar	<i>Seaming</i>	Tekanan <i>spindle</i> pada mesin

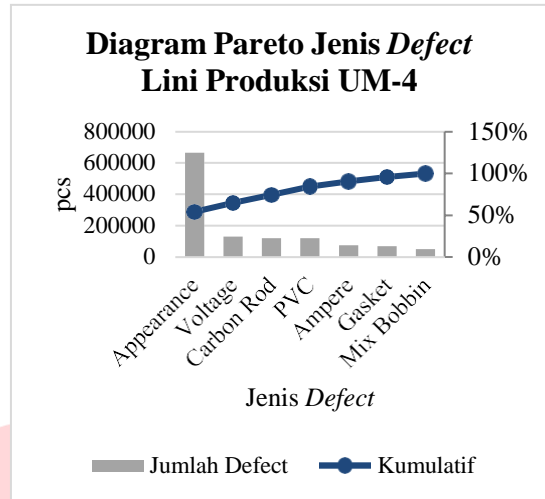
Insulation Ring putus	Insulation Ring sesuai standar		Seaming sebesar 30 N/m ²
Metal Jacket dekok	Metal Jacket sesuai standar		
Hasil seaming Metal Jacket tidak sesuai			

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa dalam satu tahapan proses masalah, terdapat satu atau lebih CTQ produk yang tidak terpenuhi, Pada proses *seaming* terdapat tiga CTQ produk yang tidak terpenuhi.

Dalam data jenis *defect*, PT XYZ mengategorikan 13 jenis *defect* yang ada menjadi 7 jenis *defect* dengan rincian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Kategori Jenis Defect

Kategori	Jenis Defect
Mix Bobbin	Berat Mix Bobbin tidak sesuai
	Kelembapan Mix Bobbin tidak sesuai
Carbon Rod	Carbon Rod patah
	Carbon Rod miring
Gasket	Gasket miring
PVC	Dimensi PVC Tube tidak sesuai
	PVC Tube keriting
Appearance	Cap lepas
	Insulation Ring putus
	Metal Jacket dekok
	Hasil Seaming Metal Jacket tidak sesuai
Voltage	Voltage
Ampere	Ampere

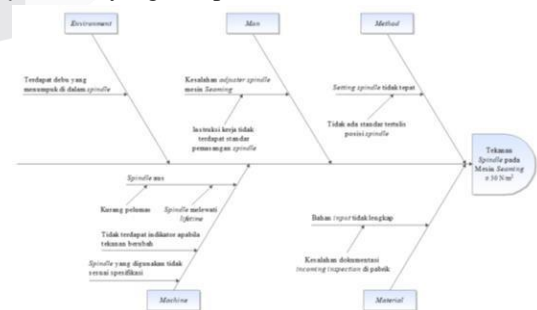


Gambar 2 Diagram Pareto Frekuensi Kategori Jenis Defect Produk Dry Battery Lini UM-4 Periode April 2020 – Maret 2021

Berdasarkan pada Tabel 4, Tabel 5, dan Gambar 2 dapat diketahui bahwa proses *seaming* merupakan proses dengan jumlah *defect* yang paling banyak, yaitu dengan menghasilkan kategori jenis *defect appearance* yang berjumlah 666,838 pcs.

Kemudian, dilakukan perhitungan stabilitas dan kapabilitas proses dimana didapatkan bahwa proses produksi Dry Battery lini UM-4 periode April 2020 – Maret 2021 memiliki nilai *sigma* sebesar 4.8. Apabila nilai *sigma* tersebut dikonversikan ke dalam nilai DPMO maka setara dengan 464 kemungkinan *defect* dalam 1,000,000 unit kesempatan.

Dalam menganalisis akar masalah pada CTQ proses yang tidak terpenuhi di tahapan proses *seaming*, peneliti menggunakan diagram *fishbone* dan 5 whys. Gambar 3 menunjukkan diagram *fishbone* yang didapatkan.



Gambar 3 Diagram Fishbone Permasalahan

Masing-masing akar permasalahan yang ada dicari potensi solusinya. Selanjutnya, peneliti menggunakan *tools* PFMEA (*Process Failure Mode and Effects Analysis*) untuk menilai risiko berdasarkan nilai RPN (*Risk Priority Number*). Berdasarkan hasil PFMEA, didapatkan bahwa akar masalah terdapat debu yang menumpuk di dalam *spindle*, *spindle* melewati *lifetime*, dan kurang pelumas memiliki nilai RPN tertinggi dimana potensi solusi yang diberikan adalah perancangan penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming*. Oleh karena itu, peneliti akan memfokuskan pada solusi perancangan penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming* sehingga penelitian ini berjudul “PERANCANGAN PENJADWALAN *PREVENTIVE MAINTENANCE SPINDLE* MESIN *SEAMING* UNTUK MEMINIMASI *DEFECT* PRODUK *DRY BATTERY* PADA PROSES *SEAMING* DI PT XYZ MENGGUNAKAN PENDEKATAN DMAI”.

II. KAJIAN TEORI

a. Kualitas

Definisi kualitas menurut Garvin dibagi ke dalam lima kategori, yaitu *transcendent*, *product-based*, *user-based*, *manufacturing-based*, dan *value-based* [2]. Selain itu, Garvin juga mengidentifikasi kerangka kerja dari delapan atribut yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kualitas, yaitu *performance*, *features*, *reliability*, *conformance*, *durability*, *serviceability*, *aesthetics*, dan *perceived quality* [2].

b. Six Sigma

Six Sigma merupakan sebuah metodologi peningkatan kualitas dengan hasil ideal dengan maksud untuk mencapai *zero defects* [10].

c. DMAIC

DMAIC merupakan pendekatan dalam *Six Sigma* yang memastikan ketelitian ekstrem, adanya bukti statistik, dan pengontrolan perubahan proses yang cermat dengan mempertimbangkan kepuasan pelanggan [6]. Lima fase dalam DMAIC, yaitu *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, *Control* [13].

d. CTQ (*Critical to Quality*)

CTQ merupakan singkatan dari *Critical to Quality* yang menjadi bagian penting dari proyek *Lean Six Sigma* [7]. CTQ menunjukkan karakteristik produk atau layanan yang disebut oleh pelanggan [7].

e. SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*)

SIPOC merupakan singkatan dari *Suppliers, Inputs, Process, Outputs*, dan *Customers* [4]. SIPOC digunakan untuk membantu dalam mengidentifikasi hal-hal yang harus dipertimbangkan sebelum memulai proyek [12].

f. P Chart

Peta kendali berfungsi untuk memastikan bahwa proses terkendali dan untuk memantau variasi proses secara terus menerus [12]. Pada penelitian ini, akan digunakan *P Chart* dimana memiliki tipe data diskrit, tipe *defective*, dan ukuran sampel tidak konstan [7].

g. Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses merupakan kegiatan mengukur tingkat ketidaksesuaian dalam suatu proses dengan mengekspresikan kinerja dalam bentuk angka dan memperhatikan perhitungan rasio batas spesifikasi (persyaratan pelanggan) terhadap variasi proses [10].

h. Diagram Pareto

Diagram pareto merupakan sebuah representasi grafis dari data yang mengidentifikasi faktor-faktor penting yang dipisahkan [13]. Dalam diagram pareto terdapat 2 sumbu [13].

i. Diagram *Fishbone*

Diagram *fishbone* yang dapat disebut dengan *cause-and-effect diagram* merupakan suatu metode grafis untuk menganalisis akar penyebab dari permasalahan [13]. Fungsinya untuk mengidentifikasi karakteristik dan parameter utama yang berdampak pada *output* [7].

j. 5 Whys

5 *Whys* merupakan alat sederhana yang mampu mengungkapkan akar permasalahan dengan cepat [7]. Analisis menggunakan 5 *Whys* digunakan untuk menemukan akar penyebab permasalahan dimana fokusnya adalah pada kegagalan proses [13].

k. FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*)

FMEA merupakan alat yang mengidentifikasi kemungkinan *failure*

modes, severity, occurrence, detectability, dan prioritas tindakan yang perlu dilakukan [13]. Pada penelitian ini, akan digunakan PFMEA (*Process Failure Mode and Effects Analysis*) dimana memiliki tujuan untuk menyelesaikan permasalahan dalam sebuah proses yang dapat menyebabkan *output* (produk) memiliki kualitas yang rendah [5].

L. *Preventive Maintenance*

Preventive maintenance merupakan suatu tindakan pemeliharaan yang dilakukan sesuai dengan kriteria waktu, penggunaan, atau kondisi yang ditentukan [9]. Memiliki tujuan untuk mencegah atau mengurangi kemungkinan kegagalan atau penurunan fungsi suatu produk [3].

m. Distribusi Probabilitas Kerusakan

Distribusi probabilitas merupakan model matematika yang mengaitkan nilai variabel dengan probabilitas munculnya nilai terkait dalam suatu populasi [4]. Dalam *maintenance* terdapat distribusi kerusakan, yaitu distribusi normal, distribusi eksponensial, distribusi lognormal, dan distribusi weibull [11].

n. *Distribution Fitting*

Distribution fitting memiliki tujuan untuk menyediakan *platform* umum bagi analisis data untuk memodelkan variasi acak [14].

o. *Anderson Darling*

Anderson Darling merupakan suatu metode yang berfungsi untuk menguji apakah suatu sampel data berasal dari populasi distribusi tertentu [8]. Dalam melakukan pengujian ini, kesimpulan hipotesis yang didapatkan dilihat berdasarkan besarnya *p-value* dimana jika *p-value* lebih besar dari taraf signifikan maka tidak tolak H_0 [8].

p. *Mean Time to Failure (MTTF)*

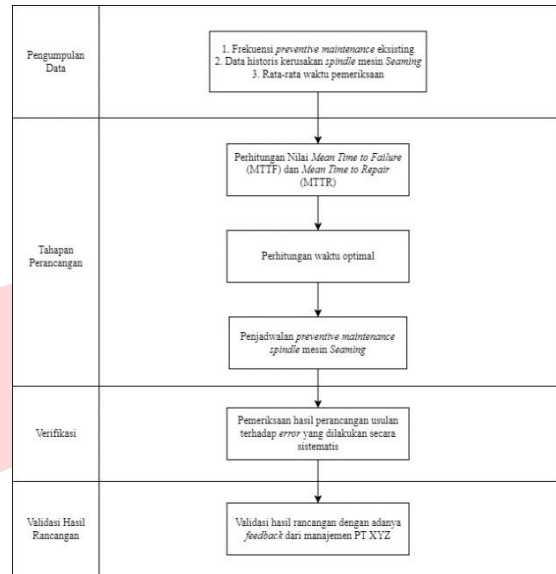
Mean Time to Failure merupakan waktu yang menunjukkan bahwa sebuah komponen mengalami penurunan kinerja dan memungkinkan terjadinya kerusakan atau tidak dapat beroperasi dengan semestinya sehingga terjadi kerugian produksi [1].

q. *Mean Time to Repair (MTTR)*

Mean Time to Repair (MTTR) merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan suatu komponen atau mesin [1].

III. METODE

Gambar 4 menunjukkan sistematika perancangan dalam penelitian ini:



Gambar 4 Sistematika Perancangan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari metode untuk penyelesaian masalah dan metode untuk perancangan. Metode penyelesaian masalah yang digunakan adalah *Six Sigma* (DMAI). DMAI merupakan tahapan *Six Sigma* yang fokus pada peningkatan proses eksisting. Kemudian, metode yang digunakan untuk perancangan adalah perhitungan nilai *Mean Time to Failure (MTTF)* dan *Mean Time to Repair (MTTR)*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Perancangan

Proses perancangan penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming* yang dapat meminimasi *defect* pada proses *seaming* di PT XYZ dilakukan menggunakan 5W+1H yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 6 Perancangan Penjadwalan *Preventive Maintenance Spindle* Mesin *Seaming*

What	Perancangan penjadwalan <i>preventive maintenance spindle</i> mesin <i>Seaming</i>
Where	Mesin <i>Seaming</i>
When	Pada waktu <i>maintenance</i> yang didapatkan berdasarkan perhitungan

Who	Operator dan Divisi <i>Production Engineering</i>
Why	Mengurangi adanya <i>spindle</i> aus saat proses sedang berjalan yang disebabkan oleh <i>spindle</i> melewati <i>lifetime</i> dan kurang pelumas, serta mengatasi kerja <i>spindle</i> yang terhambat akibat adanya debu yang menumpuk sehingga menyebabkan tekanan <i>spindle</i> pada mesin <i>Seaming</i> tidak sebesar 30 N/m ² .
How	Proses perancangan dilakukan dilakukan sesuai dengan tahap-tahap perancangan yang telah didefinisikan pada subbab sistematika perancangan.

Berikut merupakan hasil perhitungan nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR):

a) Distribution Fitting

Tabel 7 Hasil *Distribution Fitting* untuk Data TTF

Distribusi	Loglikelihood	AIC	BIC
Normal	-306.9355	617.8711	620.4627
Log-normal	-288.0112	580.0225	582.6142
Weibull	-287.2419	578.4837	581.0754

Pada Tabel 8 menunjukkan bahwa distribusi Weibull merupakan distribusi yang memiliki nilai *loglikelihood* tertinggi dan nilai *AIC* serta *BIC* terendah sehingga distribusi terpilih untuk data TTF adalah distribusi Weibull. Selanjutnya, dilakukan uji *goodness of fit* untuk melihat apakah benar data TTF mengikuti distribusi Weibull. Dalam melakukan uji *goodness of fit*, terdapat penentuan hipotesis, nilai α , dan kriteria uji yang digunakan, yaitu:

- H_0 = Data TTF mengikuti distribusi Weibull
- H_1 = Data TTF tidak mengikuti distribusi Weibull

$\alpha = 0.05$

Kriteria Uji:

Tolak H_0 jika nilai *p-value* $\leq \alpha$

Tidak tolak H_0 jika nilai *p-value* $> \alpha$

Tabel 8 Hasil Uji *Goodness of Fit* Distribusi Weibull untuk Data TTF

Distribusi	<i>ad p-value</i>
Weibull	0.12

Pada Tabel 9 menunjukkan bahwa nilai *ad p-value* yang didapatkan adalah sebesar 0.12 dimana lebih besar daripada nilai α (0.05) sehingga hasil keputusannya adalah tidak tolak H_0 (data TTF mengikuti distribusi Weibull).

Data TTR

Tabel 9 Hasil *Distribution Fitting* untuk Data TTR

Distribusi	Loglikelihood	AIC	BIC
Normal	-63.42361	130.8472	133.5116
Eksponensial	-78.99044	159.9809	161.3131

Tabel 10 Hasil *Distribution Fitting* untuk Data TTR (Lanjutan)

Distribusi	Loglikelihood	AIC	BIC
Log-normal	-68.209	140.418	143.0824
Weibull	-63.6207	131.2414	133.9058

Pada Tabel 9 menunjukkan bahwa distribusi Normal merupakan distribusi yang memiliki nilai *loglikelihood* tertinggi dan nilai *AIC* serta *BIC* terendah sehingga distribusi terpilih untuk data TTR adalah distribusi Normal. Selanjutnya, dilakukan uji *goodness of fit* untuk melihat apakah benar data TTR mengikuti distribusi Normal. Dalam melakukan uji *goodness of fit*, terdapat penentuan hipotesis, nilai α , dan kriteria uji yang digunakan, yaitu:

- H_0 = Data TTR mengikuti distribusi Normal
- H_1 = Data TTR tidak mengikuti distribusi Normal

$\alpha = 0.05$

Kriteria Uji:

Tolak H_0 jika nilai $p\text{-value} \leq \alpha$

Tidak tolak H_0 jika nilai $p\text{-value} > \alpha$

Tabel 10 Hasil Uji *Goodness of Fit* Distribusi Normal untuk Data TTR

Distribusi	ad p-value
Normal	0.86

Pada Tabel 11 menunjukkan bahwa nilai *ad p-value* yang didapatkan adalah sebesar 0.86 dimana lebih besar daripada nilai α (0.05) sehingga hasil keputusannya adalah tidak tolak H_0 (data TTR mengikuti distribusi Normal).

b) Perhitungan MTTF dan MTTR

MTTF

Tabel 11 Parameter Distribusi Weibull untuk Data TTF

Distribusi	Parameter	
Weibull	θ	13699.3
	β	0.602758

Parameter yang digunakan untuk menghitung nilai MTTF dari distribusi Weibull adalah $\theta \cdot \Gamma(1 + \frac{1}{\beta})$. Berikut merupakan pengolahan data

untuk mendapatkan nilai MTTF:

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

$$MTTF = 13699.3 (2.284481)$$

$$MTTF = 20504.701 \text{ menit} \approx 14.239 \text{ hari}$$

MTTR

Tabel 12 Parameter Distribusi Normal untuk Data TTR

Distribusi	Parameter	
Normal	μ	6.17857

Parameter yang digunakan untuk menghitung nilai MTTR dari distribusi Normal adalah μ .

Berikut merupakan pengolahan data untuk mendapatkan nilai MTTR:

$$MTTR = \mu$$

$$MTTR = 6.17857 \text{ menit}$$

c) Perhitungan Waktu Optimal

1) Rata-rata Jam Kerja Per Bulan (t)

PT XYZ memiliki rata-rata hari kerja per bulan, yaitu 22 hari. Dalam 1 hari kerja memiliki jam kerja selama 16 jam sehingga

rata-rata jam kerja per bulan di PT XYZ adalah 352 jam atau 21,120 menit.

2) Jumlah Pemeriksaan (k)

$$k = \frac{\text{Jumlah kerusakan per 1 tahun}}{12 \text{ bulan}}$$

$$= \frac{28}{12}$$

$$= 2.3 \text{ kali}$$

3) Waktu Rata-rata Perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR \cdot \mu}{t}$$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{185.357}{21,120}$$

$$\frac{1}{\mu} = 0.009$$

$$\mu = 111.1$$

Nilai MTTR yang digunakan adalah 185.357 menit dikarenakan dalam mesin *Seaming* terdapat 30 *spindle*.

4) Waktu Rata-rata Pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{ti}{t}$$

$$\frac{1}{i} = \frac{210}{21,120}$$

$$\frac{1}{i} = 0.0099$$

$$i = 101.01$$

5) Waktu Optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot x \cdot t}{\mu}}$$

$$= \sqrt{\frac{2.3 \times 101.01}{111.1}}$$

$$= 1.446$$

Interval waktu pemeriksaan = $\frac{t}{n}$

$$= \frac{21.120}{1.446}$$

$$= 10.14 \text{ hari}$$

6) Downtime

$$D(n) = \frac{k}{\mu \cdot x \cdot n} + \frac{1}{i}$$

$$= \frac{2.3}{111.1 \times 1.446} + \frac{1}{101.01}$$

$$= 0.024$$

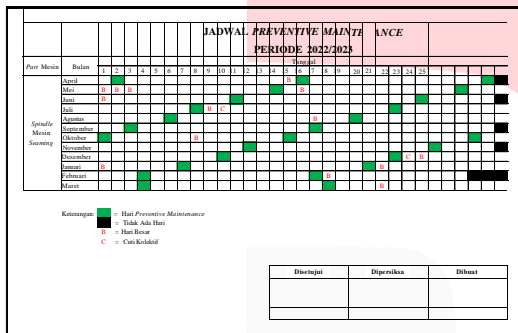
7) Availability

$$A(n) = 1 - D(n)$$

$$= 0.976 = 97.6\%$$

Hasil perancangan penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming* didapatkan dari proses perancangan yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Berdasarkan nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) didapatkan bahwa kerusakan pada *spindle* mesin *Seaming* diprediksi akan

terjadi 14.239 hari setelah kerusakan sebelumnya dan waktu yang dibutuhkan adalah selama 6.17857 menit. Melihat hal tersebut, harus dilakukan *preventive maintenance* untuk mencegah kerusakan *spindle* mesin *Seaming* sebelum 14.239 hari setelah kerusakan sebelumnya. Kemudian, untuk waktu perbaikan adalah 185.357 menit dikarenakan dalam mesin *Seaming* terdapat 30 *spindle*. Berdasarkan nilai tersebut, dilakukan perhitungan *preventive maintenance* optimal dan hasil yang didapatkan adalah 10.14 hari kerja. Berikut merupakan hasil rancangan penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming*:



Gambar 5 Rancangan Penjadwalan *Preventive Maintenance*

b. Analisis

Perancangan penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming* diharapkan dapat menurunkan jumlah produk *defect*. Kategori jenis *defect* yang terjadi pada proses *seaming* adalah *appearance* sehingga apabila penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming* diimplementasikan maka penurunan *defect* yang terjadi ada pada kategori jenis *defect appearance*. Penurunan tersebut diharapkan sebesar 80% sehingga jumlah kategori jenis *defect appearance* yang awalnya sebanyak 666,838 pcs berkurang menjadi 133,368 pcs. Jika dihitung berdasarkan total produk *defect* keseluruhan maka terjadi penurunan sebesar 43%, yaitu dari 1,232,348 pcs menjadi 698,878 pcs.

Penurunan jumlah *defect* yang terjadi karena mengimplementasikan perancangan penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming* akan mempengaruhi kapabilitas

proses. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan kapabilitas proses kembali untuk mengetahui perubahan yang terjadi. Hasil perhitungan yang didapatkan setelah mengimplementasikan perancangan penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming* adalah sebesar $4.967 \approx 5$.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada proses produksi *Dry Battery* lini UM-4 di PT XYZ terutama pada proses *seaming*, didapatkan kesimpulan bahwa penelitian ini telah berhasil merancang penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming*. Pelaksanaan tersebut harus dilakukan sebelum 14.239 hari setelah kerusakan sebelumnya. Kemudian, dilakukan perhitungan *preventive maintenance* optimal dan hasil yang didapatkan adalah 10.14 hari kerja. Hasil perancangan penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming* dapat meminimasi *defect* pada proses *seaming* di PT XYZ.

Dilihat dari evaluasi hasil rancangan, rancangan penjadwalan *preventive maintenance spindle* mesin *Seaming* ini diharapkan dapat meminimasi *defect* pada proses *seaming* di PT XYZ sebesar 80%. Jika dihitung berdasarkan total produk *defect* keseluruhan maka diharapkan dapat meminimasi hingga 43%. Dengan menurunnya *defect* maka akan terjadi peningkatan nilai *sigma* dimana nilai *sigma* sebelum perbaikan adalah sebesar $4.812 \approx 4.8$, sedangkan nilai *sigma* setelah perbaikan adalah sebesar $4.967 \approx 5$.

REFERENSI

[1] A. D. Susanto and H. H. Azwir, "Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM di Industri Otomotif," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 17, no. 1, p. 21, 2018, doi: 10.23917/jiti.v17i1.5380.

[2] A. Mitra, *Fundamentals of Quality Control and Improvement: Third Edition*. 2012.

[3] B. S. Dhillon, *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. CRC Press LLC, 2002.

[4] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control Seventh Edition*. John Wiley & Sons, Inc., 2013.

[5] D. H. Stamatis, *The ASQ Pocket Guide to*

- Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. 2015.
- [6] H. A. Duckworth and A. Hoffmeier, "A Six Sigma Approach to Sustainability," *A Six Sigma Approach to Sustain.*, 2016, doi: 10.1201/b19688.
- [7] J. Antony and Dkk, *Lean Six Sigma for Small and Medium Sized Enterprises: A Practical Guide*, vol. 23, no. 4. 2016.
- [8] J. O. Fallo, A. Setiawan, and B. Susanto, "Uji Normalitas Berdasarkan Metode Andersondarling , Cramer-," *Proseeding SemNas Mat. dan Pendidik. Mat.*, no. November 2013, 2013.
- [9] M. B. Daya, U. Kumar, and D. N. P. Murthy, *Introduction to Maintenance Engineering (Modeling, Optimization, and Management)*, First. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2016.
- [10] M. J. Franchetti, *Lean Six Sigma for Engineers and Managers*. 2015.
- [11] T. Taufik and S. Septyani, "Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis pada Mesin Turbin Di PT Pln (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 14, no. 2, p. 238, 2016, doi: 10.25077/josi.v14.n2.p238-258.2015.
- [12] T. V. Stern, *Lean Six Sigma: International Standards and Global Guidelines*, vol. 2. 2016.
- [13] W. Zhan and X. Ding, *Lean Six Sigma and Statistical Tools for Engineers and Engineering Managers*. 2016.
- [14] Z. A. Karian and E. J. Dudewicz, *Handbook of fitting statistical distributions with R*. 2016.