

PENERAPAN SISTEM PERAWATAN MESIN NIAGARA FILTER MENGGUNAKAN METODE *PREVENTIVE MAINTENANCE* DENGAN KLASIFIKASI ISMO DI PT XYZ

Krisnayana Pranata¹⁾ dan Joumil Aidil Saifudin²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional
“Veteran” Jawa Timur

e-mail: krisnayanap8@gmail.com¹⁾, joumilaidi.ti@upnjatim.ac.id²⁾

ABSTRAK

PT XYZ merupakan suatu perusahaan agribisnis yang berfokus pada pengolahan crude palm oil (CPO) yang berlokasi di Indonesia. Pada praktiknya perusahaan masih belum menerapkan strategi preventive maintenance untuk perawatan mesin produksinya dan hanya mengandalkan corrective maintenance sebagai strategi dalam tindakan perawatan mesin. Berdasarkan data historis perusahaan yang ada pada bulan januari 2023-desember 2023 tercatat ada 96 kali tindakan perawatan yang dilakukan pada mesin niagara filter dan mesin tersebut memiliki nilai availability terendah dibandingkan mesin yang lain sebesar 73,33%. Oleh karena itu peneliti berusaha melakukan evaluasi sistem perawatan mesin dengan menerapkan preventive maintenance berdasarkan klasifikasi ISMO. Preventive maintenance dengan klasifikasi ISMO mampu menentukan siklus perawatan dan estimasi biaya perawatan suatu mesin berdasarkan nilai repair complexity mesin yang akan diklasifikasikan dalam masing-masing kegiatan inspection, small repair, medium repair, and overhaul. Hasil penelitian menyatakan 1 siklus perawatan mesin niagara filter selama 3 tahun dengan rincian Inspection 9 kali, Small Repair 6 kali, dan Medium Repair 2 kali dan nilai availability mesin meningkat menjadi 88%. Sehingga, diperoleh total estimasi biaya perawatan mesin niagara filter dengan klasifikasi ISMO adalah sebesar Rp93.110.152,98.

Kata Kunci: ISMO, Maintenance, Preventive Maintenance

ABSTRACT

PT XYZ is an agro-business company focused on the processing of crude palm oil (CPO) based in Indonesia. In practice, the company has not yet implemented a preventive maintenance strategy for the maintenance of its production machinery and relies only on corrective maintenance as a strategy for machine maintenance actions. According to historis data of the company in the months of January 2023–December 2023 recorded, there were 96 times over-treatment carried out on the machine niagara filter, and the machine had the lowest availability value compared to other machines at 73.33%. Therefore, the researchers tried to carry out an evaluation of the system of maintenance of the machine by applying preventive maintenance based on ISMO classification. Preventive maintenance with the classification ISMO is able to determine the cycle of maintenance and estimate the cost of the maintenance of a machine based on the value of repair complexity. The machine will be classified in each activity as inspection, small repair, medium repair, and overhaul. The results of the study indicated 1 cycle of maintenance of the niagara filter machine for 3 years with details inspection 9 times, small repair 6 times, and medium repair 2 times, and the value of availability of the machine increased to 88%.

Keywords: ISMO, Maintenance, Preventive Maintenance

I. PENDAHULUAN

PT XYZ merupakan perusahaan agribisnis yang bergerak pada produksi minyak goreng dari kelapa sawit. Produksi utama pada perusahaan tersebut adalah pemurnian *Crude Palm Oil* (CPO) menjadi produk yang memiliki nilai tambah seperti minyak goreng, margarin, dan shortening. Proses produksi yang dilakukan PT XYZ menggunakan sistem kontinyu dimana proses utamanya ada pada bagian Refinery.

Penting bagi perusahaan untuk memberikan perlakuan khusus pada mesin produksi yang menjadi penghasil produk perusahaan. Jika tidak ada mesin maka produk tidak akan dihasilkan, apabila mesin rusak maka akan terjadi kecacatan produk atau produksi tertunda. Perlakuan khusus yang dapat diberikan perusahaan pada mesin dengan cara melakukan pemeliharaan yang terjadwal terhadap mesin-mesin yang dimiliki. Dengan melakukan perawatan secara berkala pada mesin, perusahaan mampu menjaga keandalan dan memperpanjang usia kegunaannya (Yanti, 2015). Perusahaan amatan dalam melakukan pemeliharaan mesin yang dimiliki menerapkan metode *corrective maintenance*. *Corrective maintenance* didefinisikan sebagai tindakan pemeliharaan dimana tindakannya dilakukan ketika terjadi kerusakan (Wirakusuma et al., 2023). Berdasarkan data yang diperoleh dari bagian internal Refinery PT XYZ mesin Niagara Filter tercatat memiliki frekuensi perbaikan tertinggi yaitu sebesar 96 kali selama periode bulan Januari 2023-Desember 2023.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang telah membahas mengenai perawatan mesin dengan permasalahan serupa seperti yang ada di atas. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Budi Harja dkk., 2021) penelitian tersebut berhasil meningkatkan *availability* mesin dengan memberikan usulan penerapan strategi perawatan pencegahan untuk mesin Shot Blasting pada PT ABC dengan metode ISMO (*Inspection, Small repair, Medium repair* dan *Overhaul*) yang sebelumnya menggunakan metode *corrective maintenance*. Penelitian oleh (Fachrudin & Astuti, 2021) memberikan usulan siklus perawatan mesin dan estimasi biaya perawatan turbin air dengan histori dari mesin yang terbatas menggunakan metode ISMO. Selain itu, penelitian oleh (Mekar Bisono et al., 2022) memberikan usulan siklus perawatan dan langkah perawatan untuk mesin pencacah kapas menggunakan metode ISMO. Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, didapatkan keterbaruan dalam penelitian yang akan dilakukan, dimana pada penelitian ini akan memberikan usulan siklus penjadwalan perawatan dan langkah perawatan mesin guna meningkatkan *availability* mesin, serta memberikan estimasi perhitungan biaya perawatan. Selain itu, objek penelitian ini ada pada industri pengolahan minyak yaitu mesin niagara filter.

Metode ISMO (*Inspection, Small repair, Medium repair, Overhaul*) merupakan strategi perawatan *preventive* mampu diimplementasikan pada saat performa mesin sudah mulai menurun meskipun histori dari mesin terbatas dan kurangnya informasi pada manual book (Fachrudin & Astuti, 2021). Oleh karena itu, peneliti berusaha untuk memberikan usulan *preventive maintenance* dengan menggunakan klasifikasi ISMO (*Inspection, Small Repair, Medium Repair, and Overhaul*) yang mana metode ini dapat memberikan siklus pemeliharaan mesin. Dengan metode ini diharapkan dapat diketahui siklus pemeliharaan mesin dengan klasifikasi kegiatan ISMO serta dapat diketahui biaya pemeliharaan mesin pada setiap kegiatan pemeliharaan mesin.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Preventive Maintenance

Perawatan atau pemeliharaan merupakan suatu konsepsi dari serangkaian kegiatan yang dibutuhkan untuk menjaga serta mempertahankan keandalan mesin guna berfungsi dengan optimal. *Preventive maintenance* adalah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi yang

menyebabkan fasilitas produksi menjadi kerusakan pada saat digunakan. Dalam praktiknya preventive maintenance dibedakan atas Running Maintenance dan Shutdown Maintenance (Ansori & Mustajib, 2013).

B. Metode ISMO

Metode ISMO merupakan metode perawatan terencana yang di mana aktivitasnya terdiri dari inspection, small repair, medium repair, dan overhaul. Metode ISMO mampu mengklusterkan mesin yang mengalami penurunan performa. Selain itu, sebagai bagian dari metode perawatan pencegahan, metode ISMO dapat digunakan untuk membuat proses perencanaan penjadwalan dengan mempertimbangkan siklus perbaikan dan tindakan perbaikan. Metode ini juga sangat mudah digunakan untuk kegiatan perbaikan. Satu siklus perawatan ISMO terdiri dari rangkaian kegiatan antara dua perbaikan berturut-turut. Dengan kata lain, satu siklus perawatan ISMO dimulai dengan kegiatan perbaikan dan diakhiri dengan perbaikan (Wirakusuma et al., 2023).

C. Repair Complexity

Repair complexity adalah indeks relative untuk memberikan gambaran komparatif tentang kompleksitas suatu mesin dengan memperhitungkan roda gigi, unit hidrolis dan pneumatik, guide surfaces, dan unit transmisi lain yang tergabung dalam mesin tersebut. Meskipun tidak ada pengukuran absolut dari repair complexity suatu alat, untuk tujuan perencanaan, ditetapkanlah suatu nilai relatif yang memberikan gambaran komparatif tentang kerumitan perbaikan suatu peralatan. Konsep repair complexity digunakan untuk menentukan Ukuran unit pemeliharaan mekanis dan penentuan jumlah pekerja, Material dan suku cadang untuk kegiatan maintenance, Estimasi biaya maintenance, dan Persentase kerusakan peralatan (Winarto, 2023). Tabulasi data *repair complexity* dari suatu peralatan dapat dilihat pada tabel berikut:

TABEL I
NILAI REPAIR COMPLEXITY PERALATAN

No.	Peralatan	Nilai <i>Repair Complexity</i>
1	Rolling mills (baja)	15
2	Turbin uap dan hidro	14
3	Boiler	12
4	Turbin uap kapal	11.5
5	Mesin aviasi, mesin diesel berat, dan machine tool berat	11
6	Mobil, tractor berat, kapal, pesawat	10
7	Traktor	9.5
8	Gerbong kereta api	9
9	Machine tool	9
10	Ball bearing atau roller bearing	8.5
11	Mesin elektrik berat, kereta listrik, instrument presisi	8.5
12	Suku cadang cycle tractor, mesin industry proses kimia	8
13	Kompresor, mesin hidrolis, machine tools ringan	8
14	Alat dan pahat	7.5
15	Aparatus gas	7
16	Aparatus tegangan rendah	7
17	Instrumen penimbangan	7
18	Instrumen elektrik	7
19	Earth moving machinery shower	6
20	Jam tangan dan instrumen ringan	5.5

(Sumber:Garg, 1976 dalam Winarto, 2023)

D. *Estimasi Biaya*

Menurut Saputro (2019), estimasi biaya bertujuan untuk mengetahui berapa besar anggaran biaya yang dikeluarkan. Estimasi biaya adalah memperkirakan atau memprediksikan suatu biaya dan mengungkapkannya secara jelas sesuai fungsi dan perencanaan yang telah diciptakan.

Ada beberapa hal yang mempengaruhi estimasi biaya perawatan dan perbaikan, antara lain:

1. Biaya tenaga kerja perawatan
2. Harga material dan komponen yang diperlukan
3. Waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan.

Perhitungan yang digunakan untuk merancang pengeluaran biaya untuk beberapa tahun kedepan guna ketepatan anggaran kegiatan perawatan dan perbaikan juga bergantung pada banyaknya komponen dan bahan yang harus diganti (Rossa Hendarti dkk., 2022).

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk memberikan usulan penjadwalan perawatan dan estimasi biaya perawatan mesin niagara filter di PT XYZ yang bergerak dalam bidang pengolahan minyak crude palm oil (CPO). Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan diantaranya yaitu diawali dengan melakukan identifikasi terhadap mesin amatan, kemudian menentukan nilai repair complexity dan siklus pemeliharaan, menghitung downtime mesin, dan menghitung kebutuhan tenaga kerja untuk kegiatan perawatan, verifikasi simulasi perhitungan nilai availability mesin niagara filter, membuat langkah kerja untuk setiap kegiatan perawatan berdasarkan klasifikasi ISMO, dan berikutnya menghitung estimasi biaya perawatan untuk masing-masing kegiatan ISMO selama 1 siklus perawatan. Dalam penelitian ini teknik pengumpulan data yang digunakan adalah dokumentasi dan observasi/simak terhadap sumber data. Sumber data yang digunakan berasal dari dokumen internal perusahaan PT XYZ. Pengumpulan data yang akan dijadikan masukan dalam penelitian, seperti data mengenai material konstruksi dan komponen mesin, frekuensi downtime, harga bahan habis pakai, peralatan dan spare part, tindakan perawatan, waktu operasional mesin, shift kerja, dan persediaan spare part.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Menentukan Nilai Repair Complexity*

Sebelum menentukan siklus perawatan, langkah awal yang harus dilakukan adalah menentukan nilai repair complexity mesin niagara filter dengan melihat tabel repair complexity, sehingga diperoleh nilai repair complexity mesin niagara filter yang ditunjukkan pada tabel berikut ini:

TABEL II
NILAI REPAIR COMPLEXITY RATA-RATA DARI BEBERAPA PERALATAN

No.	Peralatan	Nilai <i>Repair Complexity</i>
12	Suku cadang cycle tractor, mesin industry proses kimia	8

Berdasarkan tabel di atas didapatkan bahwa mesin niagara filter di PT XYZ masuk dalam golongan Suku cadang cycle tractor, mesin industry proses kimia dengan nilai repair complexity atau derajat kerumitan 8. Hal tersebut didasarkan karena PT XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang industry proses kimia.

B. *Menentukan Repair Cycle*

Dari hasil pengamatan mesin niagara filter memiliki material konstruksi baja karbon dan cor, tipe produksi mesin adalah massal, terdapat 3 shift kerja dalam sehari.

TABEL III

REPAIR CYCLE MESIN NIAGARA FILTER

Repair Complexity	Repair Cycle		Tipe Produksi	Material Konstruksi	Periode Antara Dua Masa Perawatan	Periode Antara Dua Overhaul
	Siklus	Jumlah			Dalam Bulan	Dalam Tahun
					(t)	(T)
0 s/d 30	O-I1-S1-I2- S2-I3-M1- I4-S3-I5- S4-I6-M2- I7-S5-I8- S6-I9-O	M S I 2 6 9	Masal	Baja karbon dan cor	2	3

Berdasarkan tabel di atas dinyatakan repair cycle atau siklus perawatan dengan rincian siklus O-I1-S1-I2-S2-I3-M1-I4-S3-I5-S4-I6-M2-I7-S5-I8-S6-I9-O. yang berlangsung selama 3 tahun.

C. Menghitung Downtime

Downtime mesin dihitung sebagai acuan durasi waktu pengerjaan dari masing-masing kegiatan perawatan sesuai dengan klasifikasi ISMO.

TABEL IV
WAKTU DOWNTIME MESIN

Nama Mesin	Nilai Kerumitan	Kegiatan Perawatan	Nilai Pengali ISMO (hari)	Waktu Pemberhentian Mesin (Hari)	Waktu Pemberhentian Mesin (Jam)
Niagara Filter	8	<i>Inspection</i>	0,15	1,2	8,4
		<i>Small Repair</i>	0,25	2	14
		<i>Medium Repair</i>	0,65	5,2	36,4
		<i>Overhaul</i>	1	8	56

Waktu *downtime* mesin pada setiap kegiatan ISMO dihitung berdasarkan nilai kerumitan mesin niagara filter dikali dengan nilai pengali ISMO untuk pemberhentian mesin. Berikut contoh perhitungan manual waktu *downtime* mesin niagara filter untuk kegiatan *Inspection*:

$$\begin{aligned}
 WP &= NK \times n \times JK \\
 &= 8 \times 0,15 \times 7 \text{ jam} \\
 &= 1,2 \text{ hari} \times 7 \text{ jam} \\
 &= 8,4 \text{ jam}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Jadi, waktu pemberhentian mesin untuk kegiatan *inspection* selama 1,2 hari atau setara dengan 8,4 jam kerja.

D. Menentukan Kebutuhan Tenaga Kerja

Jumlah tenaga kerja dihitung untuk digunakan sebagai acuan jumlah teknisi yang dibutuhkan pada setiap pelaksanaan kegiatan ISMO *preventive maintenance*.

TABEL V
JUMLAH TENAGA KERJA TEKNISI PERAWATAN MESIN

Nama Mesin	Nilai Kerumitan	Kegiatan Perawatan	Nilai Pengali ISMO (hari)	Jumlah Tenaga Kerja
Niagara Filter	8	<i>Inspection</i>	1	1
		<i>Small Repair</i>	5	3
		<i>Medium Repair</i>	18	4
		<i>Overhaul</i>	30	4

Tenaga kerja yang dibutuhkan untuk setiap kegiatan ISMO dihitung berdasarkan nilai kerumitan mesin niagara filter dikali nilai pengali ISMO untuk jam kerja teknisi kemudian dibagi dengan waktu downtime mesin yang dikali dengan jam kerja efektif selama 7 jam dalam 1 shift kerja. Berikut contoh perhitungan manual kebutuhan tenaga kerja perawatan mesin niagara filter untuk kegiatan *Inspection*:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Tenaga Kerja} &= (\text{NK} \times n) / (\text{WP} \times \text{JK}) \\
 &= (8 \times 1) / (1,2 \times 7) \\
 &= 0,95 \text{ atau } 1 \text{ orang teknisi}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Jadi, jumlah tenaga kerja teknisi perawatan mesin niagara filter untuk kegiatan *inspection* sebanyak 1 orang teknisi.

E. Langkah Kerja Kegiatan Perawatan

Kegiatan perawatan mesin dilakukan berdasarkan klasifikasi ISMO yang terdiri dari *inspection*, *Small Repair*, *Medium Repair* dan *Overhaul*.

1. *Inspection*

- Melakukan pemeriksaan secara visual pada bagian vessel, vibrator pneumatic, butterfly valve, inlet dan outlet.
- Melakukan pemeriksaan oli pelumas pada piston vibrator pneumatic.
- Melakukan pemeriksaan getaran pada vibrator pneumatic menggunakan alat vibration meter.
- Melakukan pemeriksaan mekanisme pengoperasian butterfly valve untuk memastikan berfungsi dengan baik.
- Melakukan pembersihan pada bagian sekitar inlet dan outlet menggunakan kuas 1 in dan majun untuk menghindari penumpukan debu dan kotoran yang dapat mempengaruhi kinerja mesin.
- Melakukan pembersihan pada bagian sekitar butterfly valve menggunakan kuas 4 in dan majun untuk menghindari penumpukan debu dan kotoran yang dapat mempengaruhi kinerja mesin.
- Melakukan pemeriksaan dan pembersihan filter leaf menggunakan Sodium Hydroxide.

2. *Small Repair*

- Mengerjakan semua kegiatan perawatan yang dilakukan pada kegiatan *inspection*.
- Melakukan pemeriksaan pada bagian davit arm dan mengganti ring bila diperlukan.
- Melakukan pemeriksaan pada bagian inlet dan outlet serta mengganti gasket bila diperlukan.
- Melakukan penggantian bolts/nuts yang sudah aus pada bagian top cover.
- Melakukan penggantian filter leaf yang robek atau berlubang.
- Memberikan lubrikasi oli pada tiap komponen yang membutuhkan.

3. *Medium Repair*

- Mengerjakan semua kegiatan perawatan yang dilakukan pada kegiatan *small repair*.

- b. Melakukan pemeriksaan pada mekanisme vibrator pneumatic.
- c. Melakukan pemeriksaan pada mekanisme butterfly vlave.
- d. Melakukan pembersihan dan penggantian steam.
- e. Melakukan pembersihan dan penggantian O-Ring.

4. Overhaul

- a. Mengerjakan semua kegiatan perawatan yang dilakukan pada kegiatan medium repair.
- b. Melakukan pembongkaran mesin secara menyeluruh dan dilakukan pembersihan.
- c. Melakukan pemeriksaan mekanisme pada seluruh komponen.
- d. Melakukan penggantian disc pada bagian butterfly valve.
- e. Melakukan penggantian nozzle pada bagian inlet dan outlet.
- f. Melakukan penggantian motor pada bagian vibrator pneumatic bila diperlukan.
- g. Melakukan penggantian piston pada bagian vibrator pneumatic bila diperlukan.
- h. Melakukan penggantian bracket pada vibrator pneumatic bila diperlukan.

F. Menghitung Nilai Availability

Perhitungan nilai *availability* dilakukan untuk mengetahui perbandingan ketersediaan mesin antara metode perawatan yang saat ini diterapkan oleh perusahaan yaitu metode *corrective maintenance* dengan usulan perawatan yang menggunakan metode *preventive maintenance* berdasarkan klasifikasi ISMO.

TABEL VI
PRESENTASE NILAI AVAILABILITY MESIN

<i>Availability</i>	
<i>Corrective Maintenance</i> (Perawatan Existing)	<i>ISMO Preventive Maintenance</i> (Usulan Perawatan)
73,33%	87,70%

Berdasarkan data historis perusahaan untuk perawatan *corrective maintenance* selama 1 tahun, mesin niagara filter mengalami perawatan sebanyak 96 kali dengan waktu total waktu downtime mesin niagara filter adalah sebesar 1728 jam. Sehingga nilai *availability* mesin niagara filter dengan *corrective maintenance* adalah sebesar 73,33%.

$$\text{Availability}=(6480 - 1728)/6480 =73,33\% \tag{3}$$

Sedangkan, berdasarakan usulan penjadwalan perawatan menggunakan ISMO *preventive maintenance* untuk mesin niagara filter yang telah diperoleh adalah kegiatan *Inspection* sebanyak 9 kali dengan waktu downtime 1,2 hari, *small repair* sebanyak 6 kali dengan waktu downtime 2 hari, *medium repair* sebanyak 2 kali dengan waktu downtime 5,2 hari, sehingga diperoleh total waktu downtime sebesar 796,8 jam. Maka, nilai *availability* mesin niagara filter sebesar 87,70%.

$$\text{Availability}=(6480 - 796,8)/6480 =87,70\% \tag{4}$$

G. Estimasi Biaya Perawatan

Biaya perawatan terdiri dari biaya bahan habis pakai, biaya spare part, dan biaya tenaga kerja. Biaya dihitung berdasarkan klasifikasi ISMO selama 1 siklus perawatan atau 3 tahun dengan periode dari tahun 2024-2027. Rincian estimasi biaya perawatan untuk masing-masing kegiatan berdasarkan klasifikasi ISMO adalah sebagai berikut:

TABEL VII
BIAYA KEBUTUHAN BAHAN KEGIATAN PERAWATAN *INSPECTION* TIAP TAHUN

Tahun	Biaya Bahan	Jumlah Kegiatan (1 Tahun)	Biaya Total
2024	Rp530.500,00	2	Rp1.061.000,00
2025	Rp530.500,00	3	Rp1.591.500,00
2026	Rp530.500,00	3	Rp1.591.500,00
2027	Rp530.500,00	1	Rp530.500,00
Total Keseluruhan			Rp4.774.500,00

Biaya bahan habis pakai untuk setiap kegiatan perawatan inspection per-tahunnya dihitung berdasarkan biaya bahan sekali kegiatan dikali dengan jumlah kegiatan dalam satu tahun. Sehingga, didapatkan total keseluruhan biaya kebutuhan bahan kegiatan perawatan inspection selama 1 siklus adalah sebesar Rp4.774.500,00

TABEL VIII
BIAYA TENAGA KERJA KEGIATAN PERAWATAN *INSPECTION* TIAP TAHUN

Tahun	Upah (per jam)	Jumlah Mekanik	Waktu (jam)	Jumlah Kegiatan (1 Tahun)	Biaya Total
2024	Rp28.127,85	1	8,4	2	Rp472.547,90
2025	Rp28.127,85	1	8,4	3	Rp708.821,85
2026	Rp28.127,85	1	8,4	3	Rp708.821,85
2027	Rp28.127,85	1	8,4	1	Rp236.273,95
Total Keseluruhan					Rp2.126.465,57

Upah tenaga kerja untuk setiap kegiatan perawatan inspection per-tahunnya dihitung berdasarkan upah per-jam dikalikan jumlah mekanik dikalikan waktu perawatan kemudian dikalikan jumlah kegiatan perawatan dalam satu tahun. Sehingga, didapatkan total keseluruhan upah tenaga kerja kegiatan perawatan inspection selama 1 siklus adalah sebesar Rp2.126.465,57

TABEL IX
TOTAL BIAYA KEGIATAN PERAWATAN *INSPECTION* TIAP TAHUN

Tahun	Biaya Bahan	Biaya Tenaga Kerja	Total Biaya
2024	Rp 1.061.000,00	Rp 472.547,90	Rp 1.533.547,90
2025	Rp 1.591.500,00	Rp 708.821,85	Rp 2.300.321,85
2026	Rp 1.591.500,00	Rp 708.821,85	Rp 2.300.321,85
2027	Rp 530.500,00	Rp 236.273,95	Rp 766.773,95
Total Keseluruhan			Rp 6.900.965,55

Total biaya untuk setiap kegiatan perawatan inspection per-tahunnya dihitung berdasarkan biaya bahan per tahun ditambah biaya tenaga kerja per tahun. Sehingga, didapatkan total biaya keseluruhan kegiatan perawatan inspection selama 1 siklus adalah sebesar Rp6.900.965,55.

TABEL X
BIAYA KEBUTUHAN BAHAN KEGIATAN PERAWATAN *SMALL REPAIR* TIAP TAHUN

Tahun	Biaya Bahan	Jumlah Kegiatan (1 Tahun)	Biaya Total
2024	Rp6.350.500,00	1	Rp6.350.500,00
2025	Rp6.350.500,00	2	Rp12.701.000,00
2026	Rp6.350.500,00	2	Rp12.701.000,00
2027	Rp6.350.500,00	1	Rp6.350.500,00
Total Keseluruhan			Rp38.103.000,00

Biaya bahan habis pakai untuk setiap kegiatan perawatan small repair per-tahunnya dihitung berdasarkan biaya bahan sekali kegiatan dikali dengan jumlah kegiatan dalam satu

tahun. Sehingga, didapatkan total keseluruhan biaya kebutuhan bahan kegiatan perawatan small repair selama 1 siklus adalah sebesar Rp38.103.000,00

TABEL XI
BIAYA TENAGA KERJA KEGIATAN PERAWATAN *SMALL REPAIR* TIAP TAHUN

Ta- hun	Upah (per jam)	Jumlah Mekanik	Waktu (jam)	Jumlah Kegiatan (1 Tahun)	Biaya Total
2024	Rp 28.127,85	3	14	1	Rp 1.181.369,75
2025	Rp 28.127,85	3	14	2	Rp 2.362.739,50
2026	Rp 28.127,85	3	14	2	Rp 2.362.739,50
2027	Rp 28.127,85	3	14	1	Rp 1.181.369,75
Total Keseluruhan					Rp7.088.218,56

Upah tenaga kerja untuk setiap kegiatan perawatan small repair per-tahunnya dihi-tung berdasarkan upah per-jam dikalikan jumlah mekanik dikalikan waktu perawatan kemudian dikalikan jumlah kegiatan perawatan dalam satu tahun. Sehingga, didapati total keselu-ruhan upah tenaga kerja kegiatan perawatan small repair selama 1 si-klus adalah sebesar Rp7.088.218,56

TABEL XII
TOTAL BIAYA KEGIATAN PERAWATAN *SMALL REPAIR* TIAP TAHUN

Tahun	Biaya Bahan	Biaya Tenaga Kerja	Total Biaya
2024	Rp 6.350.500,00	Rp 1.181.369,75	Rp 7.531.869,75
2025	Rp 12.701.000,00	Rp 2.362.739,50	Rp 15.063.739,50
2026	Rp 12.701.000,00	Rp 2.362.739,50	Rp 15.063.739,50
2027	Rp 6.350.500,00	Rp 1.181.369,75	Rp 7.531.869,75
Total Keseluruhan			Rp 45.191.218,50

Total biaya untuk setiap kegiatan perawatan small repair per-tahunnya dihitung berdasar-kan biaya bahan per tahun ditambah biaya tenaga kerja per tahun. Sehingga, didapatkan total biaya keseluruhan kegiatan perawatan small repair selama 1 siklus adalah sebesar Rp 45.191.218,50

TABEL XIII
BIAYA KEBUTUHAN BAHAN KEGIATAN PERAWATAN *MEDIUM REPAIR* TIAP TAHUN

Tahun	Biaya Bahan	Jumlah Kegiatan (1 Tahun)	Biaya Total
2025	Rp6.575.500,00	1	Rp6.575.500,00
2026	Rp6.575.500,00	1	Rp6.575.500,00
Total Keseluruhan			Rp13.151.000,00

Biaya bahan habis pakai untuk setiap kegiatan perawatan medium repair per-tahunnya dihitung berdasarkan biaya bahan sekali kegiatan dikali dengan jumlah kegiatan dalam satu tahun. Sehingga, didapatkan total keseluruhan biaya kebutuhan bahan kegiatan perawatan medium repair selama 1 siklus adalah sebesar Rp13.151.000,00

TABEL XIV
BIAYA TENAGA KERJA KEGIATAN PERAWATAN *MEDIUM REPAIR* TIAP TAHUN

Ta- hun	Upah (per jam)	Jumlah Mekanik	Waktu (jam)	Jumlah Kegiatan (1 Tahun)	Biaya Total
2025	Rp28.127,85	4	36,4	1	Rp4.095.415,13
2026	Rp28.127,85	4	36,4	1	Rp4.095.415,13
Total Keseluruhan					Rp8.190.830,27

Upah tenaga kerja untuk setiap kegiatan perawatan medium repair per-tahunnya dihi-tung berdasarkan upah per-jam dikalikan jumlah mekanik dikalikan waktu perawatan kemudian dikalikan jumlah kegiatan perawatan dalam satu tahun. Sehingga, didapati

total keseluruhan upah tenaga kerja kegiatan perawatan medium repair selama 1 si-klus adalah sebesar Rp8.190.830,27

TABEL XV

TOTAL BIAYA KEGIATAN PERAWATAN *MEDIUM REPAIR* TIAP TAHUN

Tahun	Biaya Bahan	Biaya Tenaga Kerja	Total Biaya
2025	Rp 6.575.500,00	Rp 4.095.415,13	Rp 10.670.915,13
2026	Rp 6.575.500,00	Rp 4.095.415,13	Rp 10.670.915,13
Total Keseluruhan			Rp 21.341.830,27

Total biaya untuk setiap kegiatan perawatan medium repair per-tahunnya dihitung berdasarkan biaya bahan per tahun ditambah biaya tenaga kerja per tahun. Sehingga, didapatkan total biaya keseluruhan kegiatan perawatan medium repair selama 1 siklus adalah sebesar Rp 21.341.830,27

TABEL XVI

BIAYA KEBUTUHAN BAHAN KEGIATAN PERAWATAN *OVERHAUL* TIAP TAHUN

Tahun	Biaya Bahan	Jumlah Kegiatan (1 Tahun)	Biaya Total
2027	Rp13.375.500,00	1	Rp13.375.500,00
Total Keseluruhan			Rp13.375.500,00

Biaya bahan habis pakai untuk setiap kegiatan perawatan overhaul per-tahunnya dihitung berdasarkan biaya bahan sekali kegiatan dikali dengan jumlah kegiatan dalam satu tahun. Sehingga, didapatkan total keseluruhan biaya kebutuhan bahan kegiatan perawatan overhaul selama 1 siklus adalah sebesar Rp13.375.500,00

TABEL XVII

BIAYA TENAGA KERJA KEGIATAN PERAWATAN *OVERHAUL* TIAP TAHUN

Ta-hun	Upah (per jam)	Jumlah Mekanik	Waktu (jam)	Jumlah Kegiatan (1 Tahun)	Biaya Total
2027	Rp28.127,85	4	56	1	Rp6.300.638,67
Total Keseluruhan					Rp6.300.638,67

Upah tenaga kerja untuk setiap kegiatan perawatan overhaul per-tahunnya dihi-tung berdasarkan upah per-jam dikalikan jumlah mekanik dikalikan waktu perawatan kemudian dikalikan jumlah kegiatan perawatan dalam satu tahun. Sehingga, didapati total keseluruhan upah tenaga kerja kegiatan perawatan overhaul selama 1 si-klus adalah sebesar Rp6.300.638,67

TABEL XVIII

TOTAL BIAYA KEGIATAN PERAWATAN *OVERHAUL* TIAP TAHUN

Tahun	Biaya Bahan	Biaya Tenaga Kerja	Total Biaya
2027	Rp 13.375.500,00	Rp 6.300.638,67	Rp 19.676.138,67
Total Keseluruhan			Rp 19.676.138,67

Total biaya untuk setiap kegiatan perawatan overhaul per-tahunnya dihitung berdasarkan biaya bahan per tahun ditambah biaya tenaga kerja per tahun. Sehingga, didapatkan total biaya keseluruhan kegiatan perawatan overhaul selama 1 siklus adalah sebesar Rp 19.676.138,67

TABEL XIX

TOTAL KESELURUHAN ESTIMASI BIAYA PERAWATAN

Ta-hun	Kegiatan				Total
	<i>Inspection</i>	<i>Small Repair</i>	<i>Medium Repair</i>	<i>Overhaul</i>	
2024	Rp1.533.547,90	Rp 7.531.869,75	-	-	Rp9.065.417,65
2025	Rp2.300.321,85	Rp 15.063.739,50	Rp 10.670.915,13	-	Rp28.034.976,48

2026	Rp2.300.321,85	Rp 15.063.739,50	Rp 10.670.915,13	-	Rp28.034.976,48
2027	Rp766.773,95	Rp 7.531.869,75	-	Rp 19.676.138,67	Rp27.974.782,37
Total	Rp6.900.965,55	Rp 45.191.218,50	Rp21.341.830,27	Rp19.676.138,67	Rp93.110.152,98

Berdasarkan perhitungan estimasi biaya menggunakan metode preventive maintenance dengan klasifikasi ISMO atas diperoleh hasil total keseluruhan biaya perawatan mesin niagara filter selama 1 siklus dengan periode tahun 2024-2027 sebesar Rp93.110.152,98.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan untuk usulan penjadwalan pemeliharaan mesin niagara filter di PT XYZ mempunyai siklus *Inspection* 9 kali, *Small Repair* 6 kali, dan *Medium Repair* 2 kali dengan jarak antara *overhaul* adalah 3 tahun atau 36 bulan. Perhitungan nilai *availability* mesin niagara filter pada usulan penjadwalan dengan klasifikasi ISMO diperoleh bahwa *availability* mesin meningkat menjadi 87,70%. Kemudian untuk estimasi biaya perawatan mesin niagara filter di PT XYZ berdasarkan metode *Preventive Maintenance* dengan klasifikasi ISMO masing-masing sebesar Rp6.900.965,55 untuk *inspection*, Rp 45.191.218,50 untuk *small repair*, Rp21.341.830,27 untuk *medium repair*, dan Rp19.676.138,67 untuk *overhaul*. Sedangkan, estimasi biaya perawatan berdasarkan waktu masing-masing sebesar Rp9.065.417,65 tahun 2024, Rp28.034.976,48 tahun 2025, Rp28.034.976,48 tahun 2026, dan Rp27.974.782,37 tahun 2027 dengan total keseluruhan biaya perawatan mesin niagara filter selama 1 siklus sebesar Rp93.110.152,98.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti FAF, Sugiono, Choiron MA. Journal of Engineering and Management Industrial System Vol. 5 No. 1 Year 2017 Strategies of Maintenance Model for Exercise Book Manufacturing Machine on Paper Industry By Implementing Journal of Engineering and Management. 2017;5(1):1-7.
- Budi Harja, H., Riyanto Putra, A., & Kresnandi, W. (2021). Perencanaan Strategi Preventive Maintenance Pada Mesin Shot Blasting di PT. ABC dengan Klasifikasi ISMO. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Manufaktur*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.48182/jtrm.v3i1.76>
- Corder, A.S. (1996) Teknik Manajemen Pemeliharaan A.S. Corder. Alth Bahasa Kusmul Hadi.
- Fachrudin, A. R., & Astuti, F. A. F. (2021). Penerapan Sistem Perawatan Metode ISMO Pada Turbin Tipe Vertical Francis Kapasitas 35 MW. *Machine; Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 22–29.
- Fandi, Afriyanto (2016) Studi Total Productive Maintenance Pada Mesin Digester Untuk Mengatasi Kerusakan Major Dalam Mencapai Efisiensi Proses Produksi Universitas Sumatera Utara.
- Garg, H. P. (1976). *Industrial maintenance. S. Chand & Company Ltd.* Universitas Andalas.
- Mahmud, S. (2019). Proses Pengolahan CPO (Crude Palm Oil) Menjadi RBDPO (Refined Bleached and Deodorized Palm Oil) di PT XYZ Dumai. *UNITEK*. 12 (01), 55-61.
- Mekar Bisono, R., Arifin, A. C., Gaguk, R., & Yudha, P. (2022). Perencanaan Perawatan Mesin Penghasil Biogas dari Sampah Organik Kapasitas 200 Liter Menggunakan Metode ISMO. *JEECAE : Journal of Electrical, Electronic, Control and Automotive Engineering*, 07(02), 1–5. <http://journal.pnm.ac.id/>
- Muhaemin, G., & Nugraha, A. E. (2022). Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Pada Perawatan Mesin Cutter di PT. XYZ. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(9), 205–219. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6645451>
- Nachnul Ansori, & M. Imron Mustajib. (2013). *Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)* (1st ed.). Graha Ilmu.
- Rossa Hendarti, D., Nusa, G. B., & Rojikin, S. (2022). Maintenance Planning Of BO-R Waste Opener Cotton Crushing machine Using ISMO Method. In *80 / J-MEEG Journal Of Mechanical Engineering* (Vol. 1, Issue 2). <http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/j-meeg>
- Sudrajat, A. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Industri* (2 ed.). PT. Refika Aditama.
- Winarto, S. (2023). Perencanaan Perawatan Pompa Distribusi I pada Unit Water Treatment Plant Berdasarkan Metode Ismo. *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi MigasZoom*, 5(1), 33–49. <https://doi.org/10.37525/mz/2023-1/448>

- Wirakusuma, K. W., Purba, A. P. P., & Muhammad, K. (2023). Pendekatan Metode ISMO Dalam Menyusun Penjadwalan Perawatan Gearbox dan Rantai Pengangkut Ore Departemen Circular Sintering PT. IRNC. *INVENTORY: Industrial Vocational E-Journal On Agroindustry*, 4(1), 10. <https://doi.org/10.52759/inventory.v4i1.110>
- Yanti, V. T. (2015). *Penerapan Preventive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Modularity Design Pada Mesin Goss DI PT. ABC.*