

Available online at: <http://inventory.poltekatiptdg.ac.id/>

INVENTORY

Industrial Vocational E-Journal on Agroindustry

| ISSN Online 2723-1895 |



Pendekatan Metode ISMO Dalam Menyusun Penjadwalan Perawatan *Gearbox* dan Rantai Pengangkut *Ore* Departemen *Circular Sintering* PT. IRNC

*Kadex Widhy Wirakusuma*¹, *Ari Pranata Primisa Purba*², *Katon Muhammad*³

¹ Program Studi Teknik Perawatan Mesin, Politeknik Industri Logam Morowali, Labota Kabupaten Morowali, 94974 Indonesia

² Program Studi Manajemen Logistik Industri Agro, Politeknik ATI Padang, Jl. Bungo Pasang Tabing – Padang, 25171, Indonesia

³ Program Studi Teknik Industri, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Prof. Dr. HR. Boenjamin 708 – Grendeng Purwokerto 53122, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: May 15, 2023

Revised: June 10, 2023

Available online: June 13, 2023

KEYWORDS

Gearbox, ISMO, Preventive Maintenance, Scheduling

CORRESPONDENCE

Name: Kadex Widhy Wirakusuma

E-mail: kadex@pilm.ac.id

A B S T R A C T

PT. IRNC is a company that operates in the smelter industry. One of the company's production processes is to produce and distribute raw materials in the form of wet Ore into iron and steel products. The distribution of raw materials in this company is continuously ongoing, leading to frequent failures in the functions of the gearbox and the chain of transportation of mineral raw materials. The company has a bustling machine activity but is not associated with the preventive maintenance activities of the machine. One of the activities that can solve the maintenance problem is scheduling preventative maintenance activities and periodic repairs to the gearbox and chain carrier of raw materials. Preventive maintenance is the maintenance activity on the machine which has the purpose of preventing the occurrence of damage, or the maintenance method for the machine planned for the prevention to extend the life of the machine as well as to avoid the failure of function on the machinery that may occur during the production process. This research aims to provide recommendations for scheduled maintenance of the machine with a preventive maintenance approach with the ISMO Method. The results of the research carried out based on the type of work performed inspection (I) and small repair (S) obtained results respectively for gearbox 13 times inspections (I), and 21 times small repairs (S), while for the chain of transportation of Ore 8 times inspection and four times small reparations, and the number of workers involved 21 people, with the total labor costs of Rp—863,820 million per year.

PENDAHULUAN

PT. Indonesia Rupu Nickel and Chrome Alloy (IRNC) adalah industri *smelter* yang memproduksi *stainless steel* dan *chrome alloy*. Salah satu proses produksi untuk menghasilkan dan mendistribusikan bahan baku adalah berupa *ore* basah menjadi sebuah besi dan baja. Pada proses produksi, proses pendistribusian bahan baku *ore* basah pada perusahaan ini berlangsung secara terus menerus. Gambar 1 merupakan alur proses pengangkutan *ore*. Komponen yang digunakan untuk mendistribusikan bahan baku salah satunya *gearbox* dan rantai pengangkut *ore*. Fungsi gearbox dapat mengurangi jumlah putaran yang dihasilkan oleh motor atau mesin untuk

meningkatkan jumlah putaran yang dihasilkan oleh motor atau mesin [1], sementara rantai berfungsi untuk meneruskan *ore* halus ke dalam konveyor.

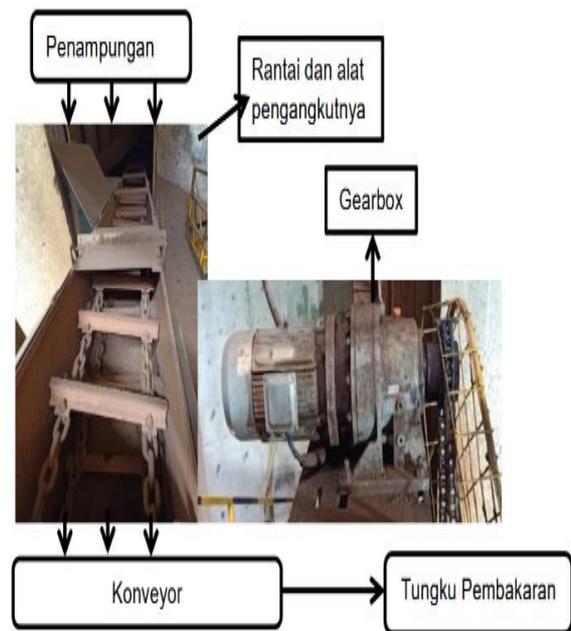
Dalam praktiknya, aktivitas produksi tidak lepas dari kegiatan perawatan maupun perbaikan sehingga selama proses produksi *gearbox* dan rantai pengangkut *ore* tidak rusak secara tiba-tiba, sehingga memperlambat proses produksi. Kegiatan perawatan dan pemeliharaan membutuhkan waktu yang seharusnya dapat digunakan untuk kegiatan produksi, namun dengan menunda kegiatan perawatan maka potensi untuk terjadinya kegagalan fungsi komponen semakin tinggi [2]. Tindakan perawatan adalah tindakan yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya kegagalan atau

mengembalikan fungsi komponen untuk melakukan fungsinya [3]. Untuk itu penting dilakukan penjadwalan perawatan terhadap fasilitas penunjang produksi, karena masalah ini menjadi umum ditemukan dan dihadapi oleh industri [4].

Perencanaan perawatan sangat penting untuk dilakukan untuk mengurangi frekuensi kerusakan tak terduga yang disebabkan kegagalan peralatan, selain itu juga dengan merencanakan prosedur perawatan dapat menjaga peralatan dalam kondisi operasional yang baik [5]. Kondisi perawatan pada *gearbox* dan rantai yang ada saat ini tidak dilakukan secara terencana atau *unplan*, sehingga sistem perawatan yang dilakukan didasari oleh kerusakan yang saat itu terjadi atau bersifat *corrective maintenance*. *Corrective maintenance* merupakan tindakan pemeliharaan kerusakan dan pemeliharaan berbasis kegagalan yang tindakannya dilakukan ketika terjadi kerusakan [6]. Dampak dari kebijakan *corrective maintenance* yang diterapkan oleh perusahaan saat ini adalah terganggunya proses produksi dalam hal ini *ore* tidak dapat didistribusikan dalam proses selanjutnya menjadi terhambat. *Ore* merupakan bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan produk akhir berupa nikel [7]. Kondisi ini dianggap oleh *management* pada saat ini merupakan sebuah kendala yang harus segera dilakukan perbaikan yaitu melalui proses perencanaan perawatan. Oleh sebab itu dalam upaya melakukan perbaikan proses perawatan dengan melakukan perencanaan penjadwalan perawatan pada *gearbox* dan rantai pembuang *ore* digunakan pendekatan *Inspection, Small Repair, Medium Repair, dan Overhaul (ISMO)*. Pendekatan metode ISMO diharapkan adanya jadwal perencanaan perawatan secara terencana dapat meningkatkan kehandalan *gearbox* dan rantai pengangkut *ore* dan dapat meminimalisir biaya pemeliharaan [8].

Metode ISMO merupakan metode perawatan terencana yang di mana aktivitasnya terdiri dari: *inspeksi, small repair, medium repair, dan overhaul* [9]. Metode ISMO mampu mengklusterkan mesin yang telah mengalami penurunan performa [10]. Metode ISMO merupakan bagian dari metode *preventive maintenance* yang di mana dalam penerapannya mampu membuat proses perencanaan penjadwalan dengan mempertimbangkan siklus perbaikan, tindakan perbaikan, dan sangat mudah diaplikasi untuk kegiatan perbaikan yang mesin sering mengalami kendala. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh [11] penerapan metode ISMO pada mesin *vibration sieve intense cuoccolin* type VLB 900 [12] ISMO pada *printing* mesin, [13] penerapan metode ISMO pada mesin *kaeser rotary lobe blower* model hb 1600, dan [14] penerapan ISMO pada turbin tipe *vertical francis* kapasitas 35 MW.

Penelitian yang dilakukan sebelumnya telah menerapkan metode ISMO sebagai upaya menghasilkan jadwal perawatan, namun jadwal perawatan yang dihasilkan berupa jadwal bulanan, penelitian ini menggunakan metode ISMO sebagai dasar dalam membuat perencanaan jadwal pemeliharaan bulanan dan mingguan yang disertai dengan tindakan yang dapat dilakukan dalam melakukan perawatan serta dapat diimplementasikan sebagai upaya mengurangi potensi perbaikan pada *gearbox* dan rantai dan dijadikan sebagai bahan pertimbangan pelaksanaan kegiatan perawatan pada *gearbox* dan rantai pengangkut *Ore* secara terencana.



Gambar 1. Alur Proses Pengangkutan Ore

METODOLOGI

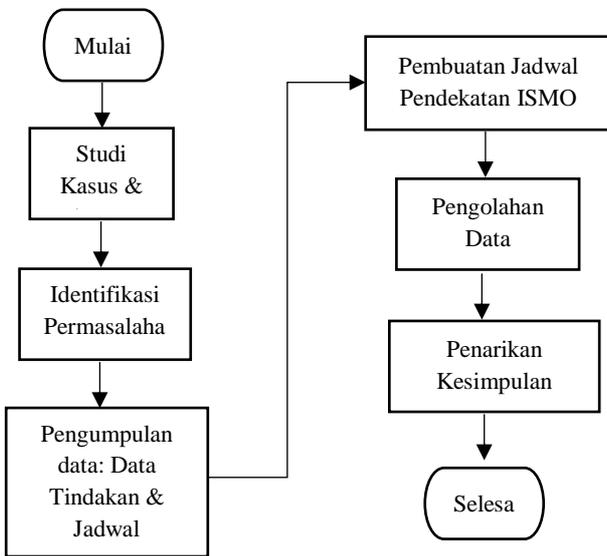
Dalam penelitian ini, wawancara dan observasi adalah metode yang digunakan untuk mengumpulkan data. Data kegiatan perawatan pada *gearbox* dan rantai pengangkut *Ore* diperoleh dari Departemen *Circular Sintering* PT. IRNC, tahap selanjutnya pembuatan jadwal pemeliharaan dengan pendekatan ISMO, pengolahan data, implementasi usulan jadwal pemeliharaan, dan tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah penarikan kesimpulan.

Langkah yang dilakukan dalam penerapan metode ISMO adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi sistem perawatan komponen kondisi *existing*.
2. Identifikasi spesifikasi komponen.
3. Menentukan *repair complexity* komponen.
4. Menentukan siklus perawatan komponen.
5. Usulan jadwal perawatan bulanan dan mingguan komponen.

6. Menentukan kebutuhan tenaga kerja dari jadwal yang diusulkan.
7. Menentukan biaya yang timbul dari usulan jadwal yang diusulkan.

Gambar 2 menunjukkan diagram alir kegiatan penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Sistem Perawatan Kondisi Eksisting

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan data *gearbox* dan rantai pengangkut *Ore* adalah untuk mengetahui tindakan perawatan yang dilakukan selama 30 hari. Data observasi secara langsung terkait tindakan perawatan yang dilakukan diperoleh dari tanggal 1 s.d 30 Januari 2022 yang terdiri dari Tabel 1 data observasi tindakan perawatan pada *gearbox* dan Tabel 2 tindakan perawatan pada rantai pengangkut *Ore*.

Tabel 1. Data Perawatan pada *Gearbox*

Jenis mesin/ Kode mesin	Tanggal Observasi	Tindakan Perawatan
Gearbox IRNCHS-ZJDP- Line 3	1 - 4 Jan 2022	-
	5 Jan 2022	Small Repair (s)
	6 - 13 Jan 2022	-
	14 Jan 2022	Small Repair (s)
	15 - 21 Jan 2022	-
	22 - 24 Jan 2022	Overhaul (o)
	25 - 30 Jan 2022	-

(Sumber: Hasil Observasi)

Dari hasil observasi dan wawancara pada wakil forman Departemen *Circular Sintering* PT. IRNC tindakan perawatan tidak berdasarkan jadwal yang terencana, namun hanya didasarkan pada kerusakan yang terjadi. Dari Tabel 1 dan 2 kegiatan *small repair* yang dilakukan berupa mengganti komponen dari alat angkut *Ore* dan *overhaul* yaitu tindakan pergantian *bearing*, motor, dan menunggu *spare part*, kegiatan *small repair* yang dilakukan mengganti rantai, dan membuat kembali alat angkut *Ore* pada rantai. Kondisi ini menunjukkan bahwa tindakan perawatan yang dilakukan sebatas pergantian komponen yang dilakukan secara tidak terencana (*incidental*).

Tabel 2. Data Perawatan pada Rantai Pengangkut *Ore*

Kode Mesin	Tanggal Observasi	Tindakan Perawatan
IRNCHS- Chain	1 Jan 2022	Small Repair (s)
	2 - 5 Jan 2022	-
	6 Jan 2022	Small Repair (s)
	7 - 8 Jan 2022	-
	9 Jan 2022	Small Repair (s)
	10 -14 Jan 2022	-
	15 Jan 2022	Small Repair (s)
	16 - 21 Jan 2022	-
	22 Jan 2022	Small Repair (s)
	23 - 25 Jan 2022	-
	26 Jan 2022	Small Repair (s)
	26 - 30 Jan 2022	-

(Sumber: Hasil Observasi)

Dari hasil observasi dan wawancara pada wakil forman Departemen *Circular Sintering* PT. IRNC tindakan perawatan tidak berdasarkan jadwal yang terencana, namun hanya didasarkan pada kerusakan yang terjadi. Dari Tabel 1 dan 2 kegiatan *small repair* yang dilakukan berupa mengganti komponen dari alat angkut *Ore* dan *overhaul* yaitu tindakan pergantian *bearing*, motor, dan menunggu *spare part*, kegiatan *small repair* yang dilakukan mengganti rantai, dan membuat kembali alat angkut *Ore* pada rantai. Kondisi ini menunjukkan bahwa tindakan perawatan yang dilakukan sebatas pergantian komponen yang dilakukan secara tidak terencana (*incidental*).

Identifikasi Spesifikasi Komponen

Pada tahap ini dilakukan aktivitas pendataan spesifikasi komponen, spesifikasi komponen menjadi dasar dalam penentuan tingkat kesulitan perbaikan (*repair complexity*). Tabel 3 menunjukkan spesifikasi *gearbox* dan Tabel 4 menunjukkan spesifikasi rantai pengangkut *Ore*.

Tabel 3. Spesifikasi *Gearbox*

Kode Mesin	Jumlah	Spesifikasi
IRNCHS- ZJDP-Line 3	1	Tipe 132m-4
		No. Mesin Y150716
		Spindel Motor 7,5kW
		Berat 71,5 Kg
		Voltage 380v
		Frekuensi 50 Hz

(Sumber: Hasil Wawancara)

Tabel 4. Spesifikasi Rantai Pengangkut *Ore*

Kode mesin	Jumlah	Spesifikasi
IRNCHS- Chain	100	ST-37

(Sumber: Hasil Wawancara)

Menentukan Tingkat Kerumitan/Repair Complexity

Tingkat kerumitan/*repair complexity* perbaikan menunjukkan kerumitan dalam menjaga mesin atau peralatan. *Repair complexity* merupakan sebuah acuan dalam penentuan periode dalam melakukan siklus perawatan [15]. Nilai dari *repair complexity* dari sebuah peralatan telah ditetapkan oleh Grag yang dalam bukunya berjudul *Industrial Maintenance*. Nilai *repair complexity* dari *gearbox* dan rantai dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Tingkat Kerumitan/Repair Complexity *Gearbox* dan Rantai

No	Tipe Produksi	Repair Complexity
1	<i>Gearbox</i>	13
2	Rantai Pengangkut <i>Ore</i>	3

Sumber: [16]

Dari tabel 5, *repair complexity* untuk masing-masing komponen yaitu *gearbox* 13 dan rantai 3. Siklus dan jumlah waktu yang diperlukan untuk perencanaan dalam proses pemeliharaan ditentukan berdasarkan nilai tingkat kerumitan.

Menentukan Siklus Perawatan Komponen

Berdasarkan nilai *repair complexity* yang di mana untuk *gearbox* 13 dan rantai 3 maka dapat ditentukan siklus perawat yang akan dilakukan pada sebuah peralatan. Berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan oleh [16] nilai *repair complexity* 13 dan 3 menunjukkan peralatan berada dirange 0 – 30 sehingga masuk ke dalam siklus perawatan yang telah ditetapkan. Tabel 6 menunjukkan siklus *repair complexity* 0 - 30.

Tabel 6. Siklus *Repair Complexity* 0 - 30

Repair Complexity	Cycle	Type Production	Working Shift
0 s/d 30	<i>Gearbox</i>	Mass	7
	C-I ₁ -S ₁ -I ₂ -S ₂ -I ₃ -M ₁ -I ₄ -S ₃ -I ₅ -S ₄ -I ₆ -M ₂ -I ₇ -S ₅ -I ₈ -S ₆ -I ₉ -C		
	Rantai		
	C-I ₁ -I ₂ -S ₁ -I ₃ -I ₄ -S ₂ -I ₅ -I ₆ -M ₁ -I ₇ -I ₈ -S ₃ -I ₉ -I ₁₀ -S ₄ -I ₁₁ -I ₁₂ -M ₂ -I ₁₃ -I ₁₄ -S ₅ -I ₁₅ -I ₁₆ -S ₆ -I ₁₇ -I ₁₈ -C		

(Sumber: Pengolahan Data)

Keterangan:

- C = *Complex Overhaul*
 I = *Inspection*
 S = *Small Repair*
 M = *Medium Repair*

Menyusun Jadwal Perawatan Bulanan dan Mingguan *Gearbox* dan Rantai

Pada tahap ini telah dapat disusun rencana jadwal perawatan *gearbox* dan rantai pengangkut *Ore* pad departemen *Circular Sintering* PT. IRNC. Siklus *repair complexity*, tipe produksi dan periode menjadi dasar untuk melakukan perencanaan pembuatan jadwal perawatan. Pada Tabel 7 dan 8 ditunjukkan usulan jadwal mingguan *gearbox* dan rantai dan pada Tabel 9 menunjukkan usulan penjadwalan mingguan.

Tabel 7. Rencana Jadwal Perawatan *Gearbox* Tahun 2022

Cycle	Periode	Repair Complexity	Maintenance Month					
			5	7	9	11	12	1
<i>Gearbox</i>								
C-I ₁ -S ₁ -I ₂ -S ₂ -I ₃ -M ₁ -I ₄ -S ₃ -I ₅ -S ₄ -I ₆ -M ₂ -I ₇ -S ₅ -I ₈ -S ₆ -I ₉ -C	7	13		I ₂		S ₂		
				13		91		

(Sumber: Pengolahan Data)

Pada Tabel 7 *gearbox*, dari hasil wawancara perawatan terakhir yang dilakukan pada bulan 10 dengan jenis perawatan yaitu mengganti komponen atau telah melakukan *small repair* pertama kali.

Tabel 8. Rencana Jadwal Perawatan Rantai Tahun 2022

Cycle	Periode	Repair Complexity	Maintenance Month					
			2	4	8	10	12	2
Rantai								
C-I ₁ -I ₂ -								
S ₁ -I ₃ -								
I ₄ -S ₂ -								
I ₅ -I ₆ -								
M ₁ -I ₇ -								
I ₈ -S ₃ -								
I ₉ -I ₁₀ -	2	2	I ₃	I ₄	S ₂	I ₅	I ₆	
S ₄ -I ₁₁ -			2	2	4	2	2	
I ₁₂ -								
M ₂ -I ₁₃ -								
I ₁₄ -S ₅ -								
I ₁₅ -I ₁₆ -								
S ₆ -I ₁₇ -								
I ₁₈ -C								

(Sumber: Pengolahan Data)

Pada Tabel 8 rantai, dari hasil wawancara perawatan terakhir yang dilakukan pada bulan 12 dengan jenis perawatan yaitu mengganti komponen atau telah melakukan *small repair* pertama kali. Setelah diperoleh jadwal bulanan baik itu *gearbox* dan rantai pada departemen *Circular Sintering* PT. IRNC, tahap selanjutnya adalah membuat jadwal mingguan. Jadwal mingguan dibuat berdasarkan pendistribusian siklus perawatan yang telah dilakukan pada jadwal bulanan.

Tabel 9. Rencana Jadwal Perawatan *Gearbox* dan Rantai tahun 2022

N.m	T.p	J.H	Minggu				Tgl.P
			1	2	3	4	
<i>Gearbox</i>	I ₂	13	x	x	x	x	1/5-13/5
<i>Gearbox</i>	S ₂	21	x		x	x	
Rantai	I ₃	2	x				1/2-3/2
Rantai	I ₄	2		x			8/4-11/4
Rantai	S ₂	4			x		21/8-25/8
Rantai	I ₅	2				x	28/10-30/10
Rantai	I ₆	2	x				1/12-3/12

(Sumber: Pengolahan Data)

Keterangan:

- N.m = Nama Mesin
- T.p = Tindakan Perawatan
- J.h = Jumlah Hari
- Tgl.P = Tanggal Perbaikan

Dari Tabel 9, diperoleh penjadwalan perawatan pada *gearbox* dan rantai. Kegiatan perawatan dilakukan

berdasarkan siklus yang telah ditentukan, sehingga tindakan perawatan yang dilakukan dapat disesuaikan dengan jadwal yang telah disusun. Tahap selanjutnya adalah penguraian kegiatan untuk menjalankan kegiatan perawatan. Uraian kegiatan untuk pekerjaan *inspection* (I), *small repair* (S) dalam menjalankan perawatan pada *gearbox* dan rantai ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Uraian Kegiatan Perawatan *Gearbox* dan Rantai

Jenis pekerjaan	Uraian Kegiatan
<i>Inspection (I)</i>	1. Pastikan <i>gearbox</i> dan rantai berfungsi dengan baik.
	2. Periksa getaran <i>gearbox</i> dan memastikan baut sudah dalam kondisi dikencangkan.
	3. Memeriksa <i>main shaft</i>
	4. Memeriksa oli pada pompa oli
	5. Memeriksa getaran pada <i>bearing</i> , apakah getaran masih dalam kondisi standar
	6. Memeriksa sambungan pada rantai mata
	7. Memeriksa <i>electrical</i> pada mesin, apakah masih berfungsi dengan baik
<i>Small Repair (S)</i>	1. Mengerjakan semua pekerjaan <i>inspection</i> .
	2. Membongkar <i>bearing</i> , dan memeriksa apakah <i>bearing</i> masih layak digunakan
	3. Membongkar <i>spindle</i> , untuk memastikan putaran masih sesuai dengan yang diinginkan.
	4. Membongkar rantai, untuk diberikan pelumasan.
	5. Membongkar motor, untuk memastikan tidak ada komponen yan rusak.
	6. Lakukan perbaikan jika penting atau telah dicatat dalam penilaian.

(Sumber: Pengolahan Data)

Menentukan Jumlah Tenaga Kerja Dari Jadwal yang Diusulkan

Fitter, helper, oiler, dan operator mesin merupakan kategori tenaga kerja yang terlibat dalam kegiatan perawatan. Kebutuhan tenaga kerja untuk melakukan kegiatan perawatan dihitung berdasarkan nilai *repair complexity* yang di tunjukan pada Tabel 11 [12]. Dari tabel 11, kebutuhan jam kerja perorangan untuk setiap jenis pekerjaan dapat ditentukan berdasarkan kerumitan pemeliharaan suatu peralatan sesuai dengan situasinya:

$$H = h \times RC \tag{1}$$

Di mana:

- H = Jumlah jam total
- h = Waktu normal mesin berhenti
- RC = *Repair Complexity*

Untuk *helper* (pembantu) diperoleh dengan persamaan:

$$\text{Jam-orang total (helper)} = \frac{\text{Jam-orang total}}{2} \tag{2}$$

Tabel 11. Perencanaan Tenaga kerja untuk Perawatan

Tingkat Pekerjaan	Jam Orang Diperlakukan/ Satu <i>Repair Complexity</i>		
	Fitter	Operator	Lain-lain (<i>oiler, welder, dan sebagiannya</i>)
<i>Inspection (I)</i>	1,0	0,5	0,5
<i>Small Repair (S)</i>	5,0	4,0	1,0
<i>Medium Repair (M)</i>	18,0	10,0	2,0
<i>Overhaul (O)</i>	30,0	20,0	4,0

(Sumber: Pengolahan Data)

Waktu standar penghentian mesin atau alat berubah menjadi tujuan untuk melakukan pekerjaan pendukung; nilai kompleksitas perbaikan digunakan untuk menghitung waktu yang diperlukan untuk setiap jenis pekerjaan yang berbeda. Waktu standar penghentian mesin atau alat ditampilkan dalam Tabel 12 [12].

Tabel 12. Waktu Normal Mesin Berhenti untuk Perawatan

Tingkat Pekerjaan	Hari Maksimum Waktu Henti Mesin yang Diizinkan/Kompleksitas Perbaikan
<i>Inspection (I)</i>	Beberapa Jam
<i>Small Repair (S)</i>	0,25
<i>Medium Repair (M)</i>	0,60
<i>Overhaul (O)</i>	1

(Sumber: Pengolahan Data)

Persamaan 3 dapat digunakan untuk menentukan total waktu standar penghentian mesin untuk pemeliharaan dari nilai kompleksitas perbaikan yang telah diketahui [12].

$$T = t \times RC \tag{3}$$

Di mana:

- T = Waktu normal total mesin berhenti
- t = Waktu normal mesin berhenti
- RC = Nilai *Repair Complexity*

Berdasarkan persamaan 3, maka waktu total mesin berhenti dapat dihitung sebagai berikut: untuk pekerjaan *inspection (I)* nilai t pada Tabel 12 diasumsikan beberapa

jam, dalam penelitian ini terhitung 2 jam atau 0,08 hari, sehingga:

$$T_{\text{Gearbox}} = 0,08 \times 13 = 1 \text{ hari atau } 24 \text{ jam}$$

$$T_{\text{Rantai}} = 0,08 \times 2 = 0,16 \text{ hari atau } 3,84 \text{ jam}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, maka untuk kegiatan *small repair (S)* pada *gearbox* dan rantai dapat diketahui, ditunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Waktu Standar Untuk Melakukan Perawatan Mesin Secara Total

Mesin	Jenis Pekerjaan	Waktu Normal Total Mesin Berhenti	
		Hari	Jam
Gearbox	<i>Inspection (I)</i>	1	24
	<i>Small Repair (S)</i>	3,25	78
Rantai	<i>Inspection (I)</i>	0,16	3,84
	<i>Small Repair (S)</i>	0,5	12

(Sumber: Pengolahan Data)

Ketika melakukan perawatan yang perlu dilakukan saat mesin sedang digunakan, total waktu standar yang diperlukan untuk berhenti dalam jam dapat menjadi patokan. Sedangkan dalam satuan hari, digunakan sebagai sumber perspektif dalam menentukan kebutuhan kerja untuk pekerjaan pendukung. Setelah waktu normal telah ditentukan, tahap selanjutnya dalam menghitung kebutuhan tenaga kerja untuk melakukan perawatan dari jadwal yang diusulkan. Berdasarkan nilai kompleksitas perbaikan peralatan dan total kebutuhan jam kerja menggunakan persamaan 1, sementara untuk menghitung jumlah *helper* menggunakan persamaan 2. Berikut perhitungan kebutuhan tenaga kerja:

$$H_{\text{Gearbox}} = 1 \times 13 = 13 \text{ jam-orang fitter}$$

$$H_{\text{Rantai}} = 1 \times 2 = 2 \text{ jam-orang fitter}$$

Dengan cara yang sama, prasyarat jam/individu untuk jenis pekerjaan *inspection*, dan *small repair* dan untuk jenis pekerjaan operator, *helper*, dll, hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 14 berikut.

Tabel 14. Kebutuhan Jam-Orang Total untuk Pekerjaan Perawatan

Mesin	Jenis Pekerjaan	Jam-Orang Total untuk Jenis Pekerjaan		
		Fitter	Operator	Helper
Gearbox	<i>Inspection (I)</i>	13	7	7
	<i>Small Repair (S)</i>	65	52	13
Rantai	<i>Inspection (I)</i>	2	1	1
	<i>Small Repair (S)</i>	10	8	2

(Sumber: Pengolahan Data)

Dari Tabel 14, dapat diketahui kebutuhan orang dari setiap pekerjaan perawatan *gearbox* dan rantai. Misalnya, pada pekerjaan *small repair gearbox* kebutuhan jam-orang untuk *helper* adalah 13 jam-orang. Artinya jika 1 giliran kerja (*shift*) adalah 8 jam dan semisal *helper* yang akan bekerja sebanyak *n* orang, maka dapat di modelnya dengan model matematis berikut:

$$\text{Waktu untuk berkerja dalam hari} = \frac{7}{n \times 8} \quad (4)$$

Kebutuhan tenaga kerja untuk melakukan pekerjaan pemeliharaan dapat diperkirakan dengan menggunakan total waktu standar mesin berhenti sebagai target, atau dengan kata lain, total waktu standar mesin = waktu yang dibutuhkan untuk bekerja dalam berapa hari. Sehingga model matematis dapat disederhanakan menjadi:

$$T_w = T = \frac{H}{n \times s} \quad (5)$$

$$n = \frac{H}{T_w \times s} \quad (6)$$

Di mana:

- T_w = Waktu yang dibutuhkan untuk bekerja dalam hari
- H = Jam orang total
- n = Jumlah jenis pekerjaan yang akan bekerja
- s = Waktu untuk 1 *shift*

Dengan demikian, perhitungan jumlah tenaga kerja dengan jenis pekerjaan *inspection (I)* dan jenis pekerjaan *helper* dapat dihitung.

$$n = \frac{7}{1 \times 8} = 0,875 \text{ atau } 1 \text{ orang } \textit{helper gearbox}$$

$$n = \frac{1}{0,16 \times 8} = 0,78 \text{ atau } 1 \text{ orang } \textit{helper rantai}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, kebutuhan kerja setiap jenis pekerjaan akan diperoleh untuk melaksanakan kegiatan perawatan pada *gearbox* dan rantai departement *Circular Sintering* PT. IRNC yang ditunjukkan pada Tabel 15.

Tabel 15. Kebutuhan Tenaga Kerja Dalam Melakukan Pekerjaan Perawatan pada *Gearbox* dan Rantai

Mesin	Jenis Pekerjaan	Jam-Orang yang Dibutuhkan		
		Fitter	Operator	Helper
Gearbox	<i>Inspection (I)</i>	2	1	1
	<i>Small Repair (S)</i>	3	2	1
Rantai	<i>Inspection (I)</i>	2	2	1
	<i>Small Repair (S)</i>	3	2	1

(Sumber: Pengolahan Data)

Dari hasil pengolahan data pada Tabel 15 diperoleh hasil untuk melakukan perawatan *gearbox* dengan jenis pekerjaan *small repair* memerlukan sebanyak 2 operator,

1 *helper* dan 3 *fitter*, dan untuk melakukan perawatan pada rantai dengan jenis pekerjaan *inspection* memerlukan sebanyak 1 *helper*, 2 operator dan 2 *fitter*. Tahap selanjutnya adalah menghitung biaya yang diperlukan untuk melakukan perawatan berdasarkan usulan jadwal yang telah dibuat.

Menentukan Biaya yang Timbul Dari Usulan Jadwal Perawatan

Biaya perawatan merupakan biaya yang digunakan atau dikeluarkan untuk melakukan aktivitas perawatan, seperti biaya perbaikan, pergantian, suku cadang, peralatan dan tenaga kerja [17]. Untuk melakukan estimasi biaya perawatan, ada beberapa hal yang harus diketahui seperti jumlah tenaga kerja yang digunakan dan lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan. Jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam usulan biaya dapat dilihat pada Tabel 15, dan lama waktu yang diperlukan untuk melakukan perawatan dapat dilihat pada Tabel 13. Dalam penelitian ini parameter biaya dipertimbangkan adalah tenaga kerja. Berikut analisa biaya untuk kegiatan perawatan *gearbox* dan rantai berdasarkan jadwal yang diusulkan.

Biaya *Inspection (I)* pada *gearbox*:

- **Biaya Tenaga Kerja**
- Berdasarkan Tabel 13, waktu perawatan yang diizinkan untuk jenis pekerjaan *inspection* adalah 1 hari atau 24 jam.
- Jumlah total tenaga kerja yang terlibat dalam kegiatan *inspection* yang terdiri dari *fitter* 2, *operator* 1, dan *helper* 1 total 4 tenaga kerja.
- Jumlah kegiatan *inspection* pada mesin *gearbox* dari jadwal yang diusulkan adalah sebanyak 13 kali
- Biaya tenaga kerja dengan asumsi Rp. 75.000/Jam
- Biaya tenaga kerja = 75.000 x 4 x 24 Jam x 13 =Rp. 93.600.000/Tahun

Biaya *Inspection (I)* pada Rantai:

- **Biaya Tenaga Kerja**
- Berdasarkan Tabel 13, waktu perawatan yang diizinkan untuk jenis pekerjaan *inspection* adalah 0,16 hari atau 3,84 jam.
- Jumlah total tenaga kerja yang terlibat dalam kegiatan *inspection* yang terdiri dari *fitter* 2, *operator* 2, dan *helper* 1 total 5 tenaga kerja.
- Jumlah kegiatan *inspection* pada rantai dari jadwal yang diusulkan adalah sebanyak 8 kali
- Biaya tenaga kerja dengan asumsi Rp. 75.000/Jam
- Biaya tenaga kerja = 75.000 x 5 x 3,84 Jam x 8 =Rp. 11.520.000/Tahun

Biaya *Small Repair (S)* pada *gearbox*:

- **Biaya Tenaga Kerja**
- Berdasarkan Tabel 13, waktu perawatan yang diizinkan untuk jenis pekerjaan *inspection* adalah 3,25 hari atau 78 jam.

- Jumlah total tenaga kerja yang terlibat dalam kegiatan *inspection* yang terdiri dari *fitter* 3, *operator* 2, dan *helper* 1 total 6 tenaga kerja.
- Jumlah kegiatan *inspection* pada mesin *gearbox* dari jadwal yang diusulkan adalah sebanyak 21 kali.
- Biaya tenaga kerja dengan asumsi Rp. 75.000/Jam
- Biaya tenaga kerja = $75.000 \times 6 \times 78 \text{ Jam} \times 21 = \text{Rp. } 737.100.000/\text{Tahun}$

Biaya *Small Repair (S)* pada Rantai:

- **Biaya Tenaga Kerja**
- Berdasarkan Tabel 13, waktu perawatan yang diizinkan untuk jenis pekerjaan *inspection* adalah 0,5 hari atau 12 jam.
- Jumlah total tenaga kerja yang terlibat dalam kegiatan *inspection* yang terdiri dari *fitter* 3, *operator* 2, dan *helper* 1 total 6 tenaga kerja.
- Jumlah kegiatan *inspection* pada rantai dari jadwal yang diusulkan adalah sebanyak 4 kali.
- Biaya tenaga kerja dengan asumsi Rp. 75.000/Jam
- Biaya tenaga kerja = $75.000 \times 6 \times 12 \text{ Jam} \times 4 = \text{Rp. } 21.600.000/\text{Tahun}$

Tabel 16 menunjukkan total biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk mengimplementasikan jadwal berdasarkan metode ISMO. Dari pengolahan data yang dilakukan, implikasi yang diperoleh dengan menerapkan metode ISMO dalam menyusun jadwal perawatan mesin *gearbox* dan rantai pengangkut *Ore* adalah menghasilkan jadwal perawatan mingguan, dan bulanan yang disertai dengan tindakan perawatan yang dapat dilakukan. Selain itu juga dengan menerapkan jadwal yang ada maka jumlah tenaga kerja dan biaya perawatan tahunan dapat diperhitungkan dan direncanakan sehingga management dapat membuat kebijakan perawatan yang lebih baik.

Tabel 16. Biaya Tenaga Kerja Total

Mesin	Jenis Pekerjaan	Biaya Tenaga Kerja
Gearbox	<i>Inspection (I)</i>	Rp. 93.600.000
	<i>Small Repair (S)</i>	Rp. 737.100.000
Rantai	<i>Inspection (I)</i>	Rp. 11.520.000
	<i>Small Repair (S)</i>	Rp. 21.600.000
Total Biaya Tenaga Kerja		Rp. 863.820.000/tahun

(Sumber: Pengolahan Data)

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan penulis mengenai pendekatan Metode ISMO Dalam Menyusun Penjadwalan Perawatan *Gearbox* dan Rantai pengangkut *Ore Departement Circular Sintering PT. IRNC* maka penulis menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis berdasarkan jenis kerusakan mesin yang terjadi, yang di mana dalam kasus ini yang menjadi obyek penelitian adalah *gearbox* dan rantai maka diperoleh siklus untuk *gearbox C-I₁-S₁-I₂-S₂-I₃-M₁-I₄-S₃-I₅-S₄-I₆-M₂-I₇-S₅-I₈-S₆-I₉-C*, dan rantai *C-I₁-I₂-S₁-I₃-I₄-S₂-I₅-I₆-M₁-I₇-I₈-S₃-I₉-I₁₀-S₄-I₁₁-I₁₂-M₂-I₁₃-I₁₄-S₅-I₁₅-I₁₆-S₆-I₁₇-I₁₈-C* dengan nilai *repair complexity* untuk *gearbox* 13 dan rantai 2.
2. Usulan jadwal yang dibuat dengan jenis pekerjaan yang dilakukan berupa *inspection (I)* dan *small repair (S)* diperoleh hasil masing-masing untuk *gearbox* 13 kali *inspection (I)* dan 21 kali *small repair (S)*, sementara itu untuk rantai 8 kali *inspection (I)* dan 4 kali *small repair (S)*.
3. Jumlah tenaga kerja yang terlibat dalam kegiatan perawatan pada *gearbox* dan rantai dari jadwal yang diusulkan yaitu *helper* 4, *fitter* 10, dan operator sebanyak 7 dengan jenis pekerjaan *inspection (I)* dan *small repair (S)*.
4. Biaya yang dikeluarkan untuk melakukan kegiatan perawatan berdasarkan jadwal yang diusulkan adalah sebesar Rp. 863.820.000/tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Liang, M. J. Zuo, and Z. Feng, "Dynamic modeling of gearbox faults: A review," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 98. Academic Press, pp. 852–876, Jan. 01, 2018.
- [2] Q. Liu, M. Dong, and F. F. Chen, "Single-machine-based joint optimization of predictive maintenance planning and production scheduling," *Robot Comput Integr Manuf*, vol. 51, pp. 238–247, Jun. 2018.
- [3] G. Kamel, M. F. Aly, A. Mohib, and I. H. Afefy, "Optimization of a multilevel integrated preventive maintenance scheduling mathematical model using genetic algorithm," *International Journal of Management Science and Engineering Management*, vol. 15, no. 4, pp. 247–257, Oct. 2020.
- [4] L. Xiao, S. Song, X. Chen, and D. W. Coit, "Joint optimization of production scheduling and machine group preventive maintenance," *Reliab Eng Syst Saf*, vol. 146, pp. 68–78, Feb. 2016.
- [5] I. Paprocka, "The model of maintenance planning and production scheduling for maximising robustness," *Int J Prod Res*, vol. 57, no. 14, pp. 4480–4501, Jul. 2019.
- [6] M. Mathew, R. K. Chakraborty, and M. J. Ryan, "Selection of an Optimal Maintenance Strategy Under Uncertain Conditions: An Interval Type-2 Fuzzy AHP-TOPSIS Method," *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 69, no. 4, pp. 1121–1134, Aug. 2022.
- [7] J. Zhao, K. Ni, Y. Su, and Y. Shi, "An evaluation of iron ore tailings characteristics and iron ore tailings concrete properties," *Construction and*

Building Materials, vol. 286. Elsevier Ltd, Jun. 07, 2021.

- [8] T. A. T. Nguyen and S. Y. Chou, "Maintenance strategy selection for improving cost-effectiveness of offshore wind systems," *Energy Convers Manag*, vol. 157, pp. 86–95, Feb. 2018.
- [9] A. Efendi, A. Sholeh Buchori Jurusan Pemeliharaan Mesin, P. Negeri Subang Jl Brigjen Katamso No, K. Subang, and J. barat, "Pemeliharaan Mesin Mobil Listrik Sula Politeknik Negeri Subang," 2019.
- [10] A. Efendi *et al.*, "Pemeliharaan Mesin Disc Mill Sentra Peternakan Rakyat (Spr) Cinagarbogo," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 13, no. 1, 2019.
- [11] R. Febri Ardita and dan Fajar Mulyana, "Perencanaan Preventive Maintenance Mesin Vibrating Sieve Intesa Cuccolini Tipe VLB 900 Menggunakan Metode ISMO," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, pp. 1226–1235, 2021.
- [12] A. Kurnia and H. Istiqlalayah, "Analysis Maintenance Of The 2 Kg Capacity Meatball Printing Machine Using The Ismo Method," *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, pp. 350–357, 2022.
- [13] A. Fiqih Almahri and dan Dianta Mustofa Kamal, "Perencanaan dan Penjadwalan Pemeliharaan Mesin KAESER Rotary Lobe Blower Model HB 1600 PI di PT. Lotte Chemical Titan Nusantara," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, pp. 798–803, 2019.
- [14] A. Rochman F and F. Andika Frida A, "Penerapan Sistem Perawatan Metode ISMO Pada Turbin TIPE Vertical Francis Kapasitas 35 Mw," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 22–29, 2021.
- [15] G. Gupta and R. P. Mishra, "Identification of Critical Components Using ANP for Implementation of Reliability Centered Maintenance," in *Procedia CIRP*, Elsevier B.V., 2018, pp. 905–909.
- [16] H.P. Garg, "Industrial Maintenance," Third. New Dehli: S. Chand & Company LTD, 1980, pp. 1–622.
- [17] E. I. Basri, I. H. A. Razak, H. Ab-Samat, and S. Kamaruddin, "Preventive maintenance (PM) planning: A review," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 23, no. 2. Emerald Group Publishing Ltd., pp. 114–143, 2017.