

Perencanaan Pemeliharaan Mesin Nitrogen Berdasarkan Repair Complexity dan Future Value: Pendekatan ISMO

Tiaradia Ihsan¹, Didit Damur Rochman², Rendiyatna Ferdian³

^{1,2,3}Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama, Cibeunying Kidul, Bandung, 40124.

E-mail: tiaradia.ihsan@widyatama.ac.id

ABSTRAK

Keandalan mesin memainkan peran penting dalam konsistensi layanan dan efisiensi operasional. Di AHASS Delima Motor, mesin nitrogen digunakan setiap hari untuk mengisi tekanan ban kendaraan pelanggan. Namun, mesin ini sering mengalami gangguan tak terduga rata-rata empat kali per tahun, masing-masing berdampak pada waktu henti layanan selama 1,5 jam. Kondisi ini menimbulkan antrean panjang, keluhan pelanggan, serta biaya perbaikan mendadak yang tinggi. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini mengusulkan model perencanaan pemeliharaan jangka panjang yang terstruktur. Metode ISMO *Inspection, Small Repair, Medium Repair*, dan *Overhaul* digunakan untuk menentukan frekuensi aktivitas pemeliharaan berdasarkan skor kompleksitas perbaikan mesin yang dinilai pada level 8 melalui evaluasi lapangan. Skor ini menghasilkan siklus aktivitas selama 9,5 tahun, terdiri dari 9 inspeksi, 5 perbaikan ringan, 2 perbaikan sedang, dan 1 overhaul. Aktivitas tersebut dijadwalkan secara bulanan dan dikonversi menjadi estimasi biaya tahunan menggunakan metode *Future Value* (FV) dengan asumsi inflasi 20,02% per tahun. Total biaya pemeliharaan selama siklus diproyeksikan sebesar Rp 25.552.627. Analisis sensitivitas menunjukkan model ini responsif terhadap perubahan inflasi. Hasil akhir berupa alat perencanaan sederhana dan ekonomis yang dapat diterapkan pada bengkel skala kecil tanpa memerlukan sistem komputerisasi.

Kata kunci: Perencanaan pemeliharaan, metode ISMO, mesin nitrogen, proyeksi biaya, *future value*

ABSTRACT

Machine reliability plays a crucial role in ensuring consistent service and operational efficiency. At AHASS Delima Motor, a motorcycle workshop in West Java, a nitrogen generator is used daily to fill vehicle tires. However, the machine experiences unplanned breakdowns approximately four times per year, each resulting in an average downtime of 1.5 hours. These disruptions lead to long service queues, increased customer complaints, and costly emergency repairs. To address this issue, this study proposes a structured long-term maintenance planning model. The ISMO method *Inspection, Small Repair, Medium Repair*, and *Overhaul* is employed to determine the maintenance activity frequency based on the machine's repair complexity score, assessed at level 8 through field evaluation. This score results in a 9.5-year maintenance cycle consisting of 9 inspections, 5 small repairs, 2 medium repairs, and 1 overhaul. These activities are scheduled monthly and converted into annual cost estimates using the *Future Value* (FV) method, assuming an annual inflation rate of 20.02%. The total projected maintenance cost over the entire cycle is Rp 25,552,627. Sensitivity analysis shows that the model is responsive to inflation variations. The outcome provides a simple and economical planning tool suitable for small-scale workshops without requiring digital or computerized systems.

Keywords: Maintenance planning, ISMO method, nitrogen generator, cost forecasting, future value

1. PENDAHULUAN

Keandalan mesin memainkan peran penting dalam memastikan kelangsungan operasional, produktivitas, dan kepuasan pelanggan di sektor industri maupun jasa. Karena waktu henti peralatan secara langsung

berdampak pada kualitas layanan dan efisiensi biaya, perencanaan pemeliharaan yang terstruktur menjadi sangat penting untuk memperpanjang usia pakai mesin dan mengurangi kerusakan tak terduga (Garg, 1976; Nakajima, 1998; Park, 2007).

Pendekatan strategis dalam pemeliharaan juga terbukti memengaruhi biaya siklus hidup aset dan kinerja investasi jangka panjang, khususnya dalam sektor infrastruktur dan produksi (Gaikwad et al., 2019; Kattan & Hassan, 2010). Berbagai strategi seperti *Reliability Centered Maintenance* (RCM), *Total Productive Maintenance* (TPM), dan *Critical Path Method* (CPM) telah banyak diterapkan, terutama di lingkungan manufaktur berskala besar (Astari et al., 2023; Hasan et al., 2020; Ihsan, 2024). Namun, pendekatan tersebut umumnya memerlukan sistem pemantauan terkomputerisasi dan personel khusus, sehingga kurang sesuai diterapkan di bengkel pelayanan berskala kecil dan menengah (Lee et al., 2019).

Untuk operasi skala kecil, dibutuhkan pendekatan alternatif yang sistematis namun mudah diterapkan. Metode ISMO yang terdiri dari *Inspection*, *Small Repair*, *Medium Repair*, dan *Overhaul* menyediakan solusi praktis dengan mengorganisasi aktivitas pemeliharaan dalam tahapan siklus berdasarkan tingkat kompleksitas perbaikan mesin (Fachrudin, 2022; Widhy Wirakusuma et al., 2023). Aplikasi ISMO sebelumnya telah berhasil diterapkan pada mesin roller bending, turbin, perangkat rumah sakit, dan sistem pengangkut ore, menunjukkan fleksibilitasnya di berbagai sektor industri (Budi Harja et al., 2021; Efendi & Prasetyawan, 2022; Khazanah & Razali, 2019). Selain itu, model ISMO juga telah diterapkan secara efektif dalam penjadwalan pemeliharaan peralatan pendidikan vokasional (Ahlaq et al., 2017; Hasrul et al., 2017), serta mendukung pemeliharaan prediktif berbasis getaran untuk mesin berkecepatan tinggi (Boukili & El Hammoumi, 2015). ISMO bahkan telah diterapkan pada fasilitas utilitas seperti pompa pengolahan air, menunjukkan fleksibilitasnya dalam mendukung peralatan infrastruktur (Winarto, 2023). Namun demikian, penerapannya dalam operasi pelayanan harian, terutama di lingkungan dengan keterbatasan anggaran, masih sangat terbatas.

Di AHASS Delima Motor, sebuah bengkel resmi sepeda motor di Jawa Barat, unit nitrogen generator (FS-40000SM) digunakan untuk mengisi tekanan nitrogen pada ban kendaraan. Berdasarkan observasi lapangan dan wawancara teknisi, unit ini beroperasi setiap hari dari pukul 08.00 hingga 17.00 dan

mengalami setidaknya empat gangguan tak terencana setiap tahunnya. Setiap kerusakan mengakibatkan rata-rata waktu henti selama 1,5 jam, menyebabkan antrean layanan yang panjang, meningkatnya keluhan pelanggan, dan biaya perbaikan darurat yang tinggi. Meskipun mesin nitrogen ini berperan penting dalam menjamin kelancaran proses pengisian tekanan ban yang menjadi bagian integral dari layanan utama bengkel, hingga kini belum terdapat rencana pemeliharaan yang terstruktur maupun model estimasi biaya jangka panjang. Padahal, gangguan pada unit nitrogen generator kerap menyebabkan antrean layanan, menurunkan kepuasan pelanggan, serta menimbulkan biaya perbaikan mendadak yang tidak sedikit. Mengingat intensitas penggunaannya yang tinggi dan dampaknya terhadap efisiensi layanan harian, perencanaan pemeliharaan jangka panjang sangat diperlukan untuk menjamin keandalan dan ketersediaan alat tersebut secara berkelanjutan.

Permasalahan ini memerlukan strategi pemeliharaan yang tidak hanya dapat diimplementasikan secara teknis, tetapi juga disertai model ekonomi untuk memproyeksikan biaya pemeliharaan. Beberapa studi menekankan pentingnya analisis biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost Analysis* - LCCA) dan estimasi *Future Value* (FV) dalam mendukung keputusan pemeliharaan di tengah tekanan inflasi (Bartholomew-Biggs et al., 2006; Park, 2007). Lebih lanjut, penggunaan model pemeliharaan berbasis risiko seperti *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan FMECA telah terbukti efektif dalam memprioritaskan aktivitas pemeliharaan saat sumber daya terbatas (Alamri & Mo, 2023; Ilmi et al., 2024). Integrasi pendekatan tersebut ke dalam perencanaan berbasis ISMO dapat meningkatkan kepraktisan dan efisiensi biaya. (Halimatusiam & Istiqlaliyah, 2023) menunjukkan integrasi semacam itu dengan menggabungkan ISMO dan *Risk Matrix* untuk memprioritaskan aktivitas perawatan pada mesin penggiling ikan, membuktikan bahwa model hibrida dapat memperkuat akurasi penjadwalan dan justifikasi ekonominya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model perencanaan pemeliharaan jangka panjang pada unit nitrogen generator di AHASS Delima Motor dengan menggunakan metode ISMO. Tingkat

kompleksitas perbaikannya dinilai berada pada level 8, yang menghasilkan siklus aktivitas ISMO selama 9,5 tahun. Biaya pemeliharaan tiap aktivitas diproyeksikan menggunakan metode *Future Value* dengan tingkat inflasi tahunan sebesar 20,02%. Model yang diusulkan dirancang agar dapat diterapkan dan layak secara ekonomi bagi bengkel berskala kecil yang belum memiliki infrastruktur teknis canggih. Integrasi dengan metode pendukung keputusan seperti FMEA atau *Overall Resource Effectiveness* (ORE) juga disarankan untuk lebih meningkatkan efektivitas prioritas risiko (Ilmi et al., 2024; Lee et al., 2019). Selain itu, integrasi ISMO dengan model pengambilan keputusan berbasis risiko dapat memberikan arah penelitian lanjutan dalam pengembangan model pemeliharaan hibrida. Pada akhirnya, penelitian ini berkontribusi terhadap adaptasi praktis metode ISMO dalam konteks operasional yang membutuhkan kontrol waktu henti dan proyeksi biaya yang akurat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Pemeliharaan Mesin

Pemeliharaan mesin merupakan aktivitas sistematis untuk menjaga performa peralatan agar tetap berfungsi optimal dalam mendukung proses operasional. Menurut (Garg, 1976), tujuan utama dari pemeliharaan adalah meminimalkan downtime, memperpanjang umur alat, serta menurunkan biaya kegagalan. (Nakajima, 1998) menyatakan bahwa konsep Total Productive Maintenance (TPM) mendorong keterlibatan menyeluruh dari operator dan manajemen dalam menjaga efisiensi peralatan produksi.

Selain TPM, pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) juga digunakan untuk menyesuaikan jadwal pemeliharaan berdasarkan kritikalitas komponen (Lee et al., 2019). Namun pendekatan-pendekatan tersebut cenderung memerlukan sistem monitoring digital dan tim teknis yang andal, sehingga kurang ideal untuk bengkel atau layanan kecil (Ihsan et al., 2024).

2.2 Metode ISMO dan Repair Complexity

ISMO adalah metode pemeliharaan berbasis siklus yang terdiri dari empat tingkatan aktivitas: Inspection (I), Small Repair (S), Medium Repair (M), dan Overhaul (O), yang dikembangkan oleh Garg (1976).

Setiap aktivitas dijadwalkan berdasarkan skor Repair Complexity (RC), yaitu skor kompleksitas kerusakan yang mencerminkan tingkat keausan dan potensi kerusakan alat. Semakin tinggi skor RC, semakin padat siklus aktivitas ISMO yang dibutuhkan.

Berbagai studi telah mengadopsi metode ISMO dalam konteks berbeda, seperti pemeliharaan gearbox (Widhy Wirakusuma et al., 2023), turbin pembangkit (Fachrudin, 2022), pompa distribusi air (Winarto, 2023), mesin bending (Efendi & Prasetyawan, 2022). Studi-studi tersebut menunjukkan bahwa ISMO cocok untuk peralatan yang memiliki frekuensi kerusakan menengah, dan tidak memerlukan sistem prediktif digital.

2.3 Forecasting Biaya: Future Value

Untuk merencanakan biaya pemeliharaan jangka panjang, analisis nilai waktu uang seperti Future Value (FV) digunakan. Ia juga menjelaskan bahwa FV dapat memproyeksikan besarnya biaya di masa depan berdasarkan inflasi tahunan. FV dihitung dengan rumus: $FV = P(1 + i)^n$

Dimana P adalah biaya saat ini, i adalah tingkat inflasi, dan n adalah jumlah tahun. Metode ini telah digunakan dalam analisis siklus hidup infrastruktur seperti jalan (Gaikwad et al., 2019) serta dalam model optimisasi biaya perawatan (Bartholomew-Biggs et al., 2006).

2.4 Model Perencanaan Pemeliharaan di Industri Kecil

Penelitian terkait pemeliharaan pada bengkel atau industri kecil masih terbatas. Namun, beberapa studi seperti (Khazanah & Razali, 2019) dan (Halimatusiam & Istiqlalayah, 2023) menunjukkan bahwa metode ISMO dapat diadaptasi untuk mesin berskala kecil dengan pendekatan berbasis tabel siklus dan biaya manual. Integrasi ISMO dengan metode Risk Matrix mampu meningkatkan akurasi penjadwalan dan efisiensi biaya tanpa ketergantungan pada sistem digital.

(Falwaguna & Ihsan, 2024) juga menunjukkan pentingnya pendekatan manajemen data efektif seperti OEE (Overall Equipment Effectiveness) untuk membantu perencanaan berbasis manual. Dengan demikian, ISMO menjadi alternatif realistis untuk industri berskala kecil yang ingin

melakukan perencanaan pemeliharaan jangka panjang tanpa teknologi tinggi.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa deskriptif untuk merancang model perencanaan pemeliharaan jangka panjang pada unit nitrogen generator dengan menerapkan metode ISMO. Objek penelitian adalah nitrogen generator (model FS-40000SM) yang dioperasikan setiap hari di AHASS Delima Motor, sebuah bengkel resmi sepeda motor di Jawa Barat. Saat ini, peralatan tersebut belum memiliki sistem perencanaan pemeliharaan yang terstruktur dan masih bergantung pada perbaikan reaktif. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini mengintegrasikan kerangka kerja pemeliharaan berbasis ISMO dengan proyeksi biaya jangka panjang menggunakan metode *Future Value* (FV).

3.1 Data Collection and Activity Cost Estimation

Data primer dikumpulkan melalui observasi lapangan langsung dan wawancara dengan teknisi bengkel. Observasi mencakup identifikasi jenis kerusakan umum, estimasi interval aktivitas perawatan, serta penilaian harga suku cadang dan biaya tenaga kerja. Tabel 1 menyajikan estimasi biaya dasar untuk setiap aktivitas ISMO, berdasarkan harga pasar tahun 2026:

Tabel 1. Estimasi Biaya Dasar untuk Setiap Aktivitas ISMO

Jenis Aktivitas	Deskripsi	Biaya Dasar (Rp)
Inspection (I)	Pemeriksaan visual dan pengujian sistem	320.000
Small Repair (S)	Penggantian komponen minor atau penyetelan ringan	367.000
Medium Repair (M)	Pembongkaran sebagian dan perbaikan	1.294.000
Overhaul (O)	Pembongkaran total atau penggantian utama	1.512.000

(Sumber: AHASS Delima Motor, 2025)

Untuk memproyeksikan biaya pemeliharaan di masa depan, digunakan rumus

Future Value (FV) dengan tingkat inflasi tahunan sebesar 20,02%, sejalan dengan tren ekonomi terkini dalam harga suku cadang dan biaya tenaga kerja di Indonesia (Gaikwad et al., 2019; Park, 2007):

$$FV = P(1+i)^n \quad (1)$$

Keterangan:

- FV = Proyeksi biaya pemeliharaan pada tahun ke-*n*
- P = Biaya dasar aktivitas pada tahun dasar
- i = Tingkat inflasi (0,2002)
- n = Jumlah tahun sejak tahun dasar (2026)

Model ini memungkinkan penyusunan anggaran jangka panjang yang akurat dengan mempertimbangkan kondisi inflasi, serta mendukung pengambilan keputusan investasi dalam perencanaan pemeliharaan (Bartholomew-Biggs et al., 2006).

2.2 ISMO Method and Maintenance Cycle

Metode ISMO, yang dikembangkan oleh (Garg, 1976), membagi aktivitas pemeliharaan menjadi empat tingkat: *Inspection*, *Small Repair*, *Medium Repair*, dan *Overhaul*. Aktivitas-aktivitas ini dijadwalkan secara bertahap berdasarkan skor *Repair Complexity* (RC) dari mesin. Berdasarkan evaluasi lapangan, nitrogen generator di AHASS memiliki skor RC sebesar 8, yang menunjukkan tingkat keausan sedang dan risiko kerusakan komponen yang moderat.

Berdasarkan pedoman ISMO dan tabel siklus perbaikan (Fachrudin, 2022; Garg, 1976), skor RC sebesar 8 dikaitkan dengan siklus pemeliharaan selama 9,5 tahun, dengan distribusi aktivitas sebagai berikut:

Tabel 2. Frekuensi Aktivitas Berdasarkan Siklus ISMO (RC = 8)

Aktivitas	Frekuensi
Inspection (I)	9 kali
Small Repair (S)	5 kali
Medium Repair (M)	2 kali
Overhaul (O)	1 kali

(Sumber: Garg, 1976)

Urutan aktivitas ISMO ditentukan berdasarkan masukan operator, jam operasional, dan skor kompleksitas perbaikan. Pendekatan ini konsisten dengan praktik terbaik dalam penerapan ISMO skala kecil, seperti yang digunakan dalam pemeliharaan mesin pengolahan makanan (Kurnia & Istiqlaliyah, 2022), dan mendukung

perencanaan yang andal untuk aktivitas *Inspection, Small Repair, Medium Repair*, dan *Overhaul* selama periode 9,5 tahun. Hal ini juga didukung oleh (Falwaguna & Ihsan, 2024), yang menekankan pentingnya sistem pemantauan *Overall Equipment Effectiveness*

(OEE) secara real-time untuk meningkatkan efektivitas peralatan, sebagai pelengkap strategi pemeliharaan yang terstruktur seperti ISMO.

Urutan siklus aktivitas:

Tabel 3. Repair Complexity Mesin Nitrogen

Repair Complexity	Repair Cycle				t (bulan)	T (Tahun)
	Siklus	M	S	I		
8	O-I1-S1-S2-I2-S2-I3-M1-I4-S3-I5-S4-I6-M2-I7-S5-I8-S6-I9-O	2	6	9	6	9,5

Siklus aktivitas ISMO pada Tabel 3 ditentukan berdasarkan skor *Repair Complexity* (RC) sebesar 8 yang diperoleh dari hasil observasi teknisi dan wawancara langsung di AHASS Delima Motor tahun 2025. Siklus ini mengacu pada panduan ISMO yang dikembangkan oleh (Garg, 1976) dan diadaptasi oleh (Fachrudin, 2022), dengan distribusi aktivitas *Inspection* (I), *Small Repair* (S), *Medium Repair* (M), dan *Overhaul* (O) selama periode 9,5 tahun. Penjadwalan mempertimbangkan urutan logis aktivitas pemeliharaan berdasarkan tingkat keausan komponen dan eskalasi kompleksitas perbaikan.

Jadwal ini mencakup periode dari Januari 2026 hingga Juli 2035, memastikan bahwa seluruh aktivitas pemeliharaan penting didistribusikan secara sistematis, sehingga dapat meminimalkan risiko kegagalan besar dan mengoptimalkan alokasi sumber daya.

Dasar teori dan pemetaan aktivitas diadaptasi dari (Garg, 1976). Hasil jadwal ini memastikan distribusi aktivitas yang seimbang, mengurangi risiko waktu henti, dan mencerminkan rekomendasi teknisi serta pola penggunaan yang diamati. Implementasi serupa pernah dilakukan oleh (Pranata & TEKMAPRO, 2024) dalam penjadwalan pemeliharaan unit filtrasi Niagara, yang memperkuat relevansi metode ini dalam mesin non-manufaktur dengan kompleksitas menengah.

3.3 Maintenance Scheduling and Cost Projection

Setiap aktivitas ISMO dalam siklus 114 bulan dijadwalkan ke bulan kalender tertentu,

kemudian dikelompokkan per tahun untuk estimasi keuangan. Biaya pemeliharaan tahunan dihitung menggunakan rumus FV, di mana proyeksi biaya tiap aktivitas ditambahkan sesuai tahun pelaksanaannya.

Sebagai contoh, jika *Small Repair* senilai Rp 367.000 dijadwalkan pada tahun ketiga (n = 3), maka nilai FV-nya dihitung sebagai berikut:

$$FV=367,000 \times (1+0.2002)^3 = \text{Rp } 634,739$$

Total proyeksi biaya pemeliharaan diperoleh dari penjumlahan seluruh nilai FV dari setiap aktivitas selama periode 2026 hingga 2035. Hal ini memungkinkan bengkel untuk mengantisipasi kebutuhan dana setiap tahunnya, serta mendukung perencanaan biaya dan alokasi modal (Seo et al., 2020). Jadwal lengkap dan distribusi biaya tahunan dibahas lebih lanjut pada bagian *Hasil dan Pembahasan*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Jadwal Aktivitas Pemeliharaan

Berdasarkan kerangka kerja ISMO dan skor *repair complexity* sebesar 8, unit nitrogen generator ditetapkan memiliki siklus pemeliharaan jangka panjang selama 114 bulan atau 9,5 tahun. Setiap aktivitas dijadwalkan untuk memastikan distribusi yang merata antara inspeksi dan perbaikan, sehingga mengurangi waktu henti dan mencegah penumpukan beban kerja perawatan. Urutan final dari aktivitas adalah sebagai berikut:

O-I1-S1-S2-I2-S2-I3-M1-I4-S3-I5-S4-I6-M2-I7-S5-I8-S6-I9-O

Urutan ini diterjemahkan ke dalam rencana pemeliharaan berbasis waktu dari tahun 2026 hingga 2035 dan dirinci dalam tabel. Penetapan aktivitas per tahun mempertimbangkan jam operasional, risiko kerusakan, dan ketersediaan teknisi (Widhy Wirakusuma et al., 2023).

Ikhtisar grafis dari jadwal ini divisualisasikan melalui bagan Gantt (Gambar

1), yang menunjukkan posisi masing-masing aktivitas sepanjang periode 10 tahun. Penggunaan alat visual dalam penjadwalan meningkatkan kejelasan perencanaan dan sesuai dengan aplikasi ISMO dalam konteks pendidikan maupun industri (Budi Harja et al., 2021; Efendi & Prasetyawan, 2022).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I						S					
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
M	I										
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
		I	S								
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
			I								S
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
				I							
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
					I			S			
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
					M	I					
85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
				S			I				
97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
								I			
109	110	111	112	113	114						
	S				O						

Gambar 1. Jadwal Aktivitas Pemeliharaan ISMO per Bulan (2026–2035)

Angka-angka dalam tabel ini merepresentasikan urutan bulan selama periode perencanaan 9,5 tahun, dimulai dari Januari 2026 (bulan ke-1) hingga Juni 2035 (bulan ke-114). Penomoran ini digunakan untuk menyusun jadwal aktivitas pemeliharaan ISMO secara sistematis. Aktivitas pemeliharaan Inspection (I), Small Repair (S), Medium Repair (M), dan Overhaul (O) dijadwalkan berdasarkan frekuensi yang dihasilkan dari skor *Repair Complexity* (RC = 8), yaitu 9 kali I, 5 kali S, 2 kali M, dan 1 kali O.

Penjadwalan ini dilakukan secara berkala dengan mempertimbangkan interval antaraktivitas yang merata dan progresif. Jarak

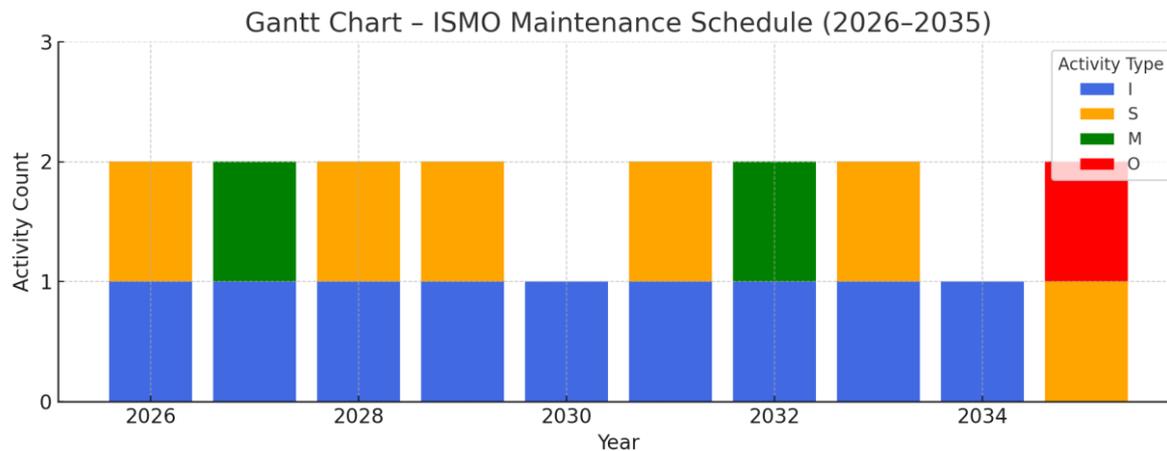
antaraktivitas dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Interval (bulan)} = \frac{\text{Total Durasi (114 bulan)}}{\text{Frekuensi Aktivitas} + 1} \quad (2)$$

Contoh perhitungan untuk aktivitas Inspection (I) sebanyak 9 kali:

$$\text{Interval I} = \frac{114}{9 + 1} = 11,4 \approx 11 \text{ bulan}$$

Aktivitas berikutnya ditempatkan pada bulan ke-(11), (22), (33), dst., dengan sedikit penyesuaian manual agar tidak tumpang tindih dengan aktivitas lain.



Gambar 2. Bagan Gantt – Jadwal Pemeliharaan ISMO (2026–2035)

Bagan Gantt ini dibuat berdasarkan data dari Tabel 4 yang menyajikan jadwal aktivitas pemeliharaan ISMO selama 114 bulan (9,5 tahun). Data input mencakup jenis aktivitas (Inspection/I, Small Repair/S, Medium Repair/M, dan Overhaul/O) dan waktu pelaksanaannya yang telah ditentukan berdasarkan siklus hasil perhitungan *Repair Complexity* (RC = 8).

Gambar ini menyajikan distribusi visual kegiatan pemeliharaan per tahun, yang berguna untuk:

1. Mempermudah pengambilan keputusan penganggaran tahunan,
2. Mengidentifikasi beban kerja per tahun,
3. Mendeteksi potensi tumpang tindih aktivitas,
4. Membantu pihak bengkel dalam perencanaan sumber daya manusia dan suku cadang.

Visualisasi ini juga mendukung komunikasi rencana pemeliharaan kepada pihak manajemen non-teknis dalam format yang lebih mudah dipahami.

Bagan ini menampilkan distribusi aktivitas ISMO berdasarkan waktu, dengan kode warna: Inspection (biru), Small Repair (oranye), Medium Repair (hijau), dan Overhaul (merah) untuk setiap tahun dari 2026 hingga 2035.

4.2 Proyeksi Biaya Berdasarkan Future Value

Untuk memproyeksikan biaya pemeliharaan di masa depan, setiap aktivitas ditempatkan pada tahun pelaksanaannya dan dihitung menggunakan rumus *Future Value* (FV), dengan tahun dasar 2026 dan tingkat

inflasi 20,02% (Gaikwad et al., 2019; Park, 2007). Tabel berikut menyajikan perhitungan FV tahunan:

Tabel 4. Proyeksi Biaya Pemeliharaan Tahunan (2026–2035)

Tahun	Aktivitas	Total FV (Rp)
2026	I1, S1	687.000
2027	I2, M1	1.937.122
2028	I3, S2	989.609
2029	I4, S3	1.187.729
2030	I5	663.994
2031	I6, S4	1.710.900
2032	I7, M2	4.824.199
2033	I8, S5	2.464.518
2034	I9	1.377.777
2035	S6, O	9.709.779
Total		25.552.627

Aktivitas dalam Tabel 5 berasal dari hasil penjadwalan ISMO berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 1, yang disusun dari siklus aktivitas pemeliharaan hasil perhitungan *Repair Complexity* (RC = 8). Setiap aktivitas dikonversi menjadi biaya tahunan menggunakan rumus *Future Value* (FV) sebagaimana tercantum pada persamaan (1) pada bab metode penelitian.

Sebagai contoh perhitungan: Biaya dasar (PV) untuk aktivitas *Inspection* (I1) adalah Rp 320.000, dan *Small Repair* (S1) adalah Rp 367.000 (lihat Tabel 1). Maka untuk tahun 2026 (n = 0), perhitungan FV menjadi:

$$FV_{2026} = 320.000 \times (1+0,2002)^0 + 367.000 \times (1+0,2002)^0 = 320.000 + 367.000 = 687.000$$

Untuk tahun-tahun berikutnya, nilai “n” bertambah dan FV dihitung secara kumulatif mengikuti tingkat inflasi 20,02%

Proyeksi biaya ini memungkinkan bengkel mengalokasikan anggaran pemeliharaan tahunan secara akurat tanpa perlu menggunakan perangkat lunak keuangan yang kompleks (Bartholomew-Biggs et al., 2006; Seo et al., 2020).

4.3 Analisis Sensitivitas terhadap Variasi Inflasi

Untuk menguji ketahanan rencana keuangan, dilakukan analisis sensitivitas dengan menggunakan variasi tingkat inflasi: 10%, 15%, dan 25%, yang diterapkan pada jadwal yang sama. Hasilnya menunjukkan bahwa total biaya pemeliharaan sangat bergantung pada skenario inflasi yang diasumsikan:

Tabel 5. Analisis Sensitivitas Total Biaya Pemeliharaan Berdasarkan Variasi Inflasi

Tingkat Inflasi	Total FV (Rp)
10%	18.210.038
15%	21.620.743
20,02% (dasar)	25.552.627
25%	30.120.197

Temuan ini menegaskan bahwa perencanaan biaya jangka panjang harus mempertimbangkan volatilitas inflasi. Model seperti *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA), *Net Present Value* (NPV), dan *Internal Rate of Return* (IRR) dapat digunakan untuk menyempurnakan keputusan investasi dalam konteks pemeliharaan (Gaikwad et al., 2019; Ilmi et al., 2024).

4.4 Diskusi dan Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Jadwal ISMO yang dihasilkan terbukti dapat diterapkan pada bengkel jasa berskala kecil, bahkan tanpa dukungan alat perencanaan berbasis komputer. Berbeda dengan metode seperti TPM atau RCM yang umumnya membutuhkan infrastruktur digital dan kematangan organisasi yang lebih tinggi (Astari et al., 2023; Ihsan et al., 2024), ISMO mendukung perencanaan manual dan pengambilan keputusan yang dilakukan langsung oleh teknisi.

Penelitian oleh (Ahlaq et al., 2017; Hasrul et al., 2017; Khazanah & Razali, 2019) menunjukkan bahwa waktu henti dan

inefisiensi biaya dapat dikurangi secara signifikan melalui model pemeliharaan berbasis siklus. Sementara itu, (Alamri & Mo, 2023; Ilmi et al., 2024) menyoroti pentingnya prioritas pemeliharaan berdasarkan FMECA dan pengurutan berbasis risiko untuk memperpanjang umur pakai peralatan.

Distribusi aktivitas yang terstruktur dalam penelitian ini sejalan dengan praktik terbaik dalam perencanaan pemeliharaan industri, yaitu:

- Penentuan frekuensi yang jelas (Garg, 1976)
- Interval yang dibenarkan secara teknis (Wu & Clements-Croome, 2005)
- Validasi melalui implementasi empiris (Efendi & Prasetyawan, 2022; Widhy Wirakusuma et al., 2023)

Meskipun penelitian ini berfokus pada nitrogen generator di bengkel kecil, model yang dikembangkan dapat diperluas atau dimodifikasi untuk sistem yang lebih kompleks, termasuk *air compressor* (Seo et al., 2020), sistem pompa (Kattan & Hassan, 2010), dan infrastruktur jalan raya (Boukili & El Hammoumi, 2015).

4.5 Pentingnya Perencanaan Pemeliharaan Berdasarkan Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan jadwal pemeliharaan ISMO menunjukkan bahwa distribusi aktivitas yang tepat selama 114 bulan (2026–2035) mampu memberikan peta kerja yang sistematis dan realistis. Dengan total biaya pemeliharaan yang diproyeksikan sebesar Rp 25.552.627 berdasarkan rumus *Future Value* dan laju inflasi tahunan sebesar 20,02%, perencanaan ini memungkinkan pengambilan keputusan anggaran jangka panjang yang lebih terkontrol.

Frekuensi aktivitas yang telah ditentukan 9 kali inspeksi, 5 kali perbaikan ringan, 2 kali perbaikan sedang, dan 1 kali overhaul berdasarkan *Repair Complexity* ($RC = 8$), menjadi dasar logis dalam penyusunan jadwal. Ini membuktikan bahwa tanpa estimasi dan proyeksi yang jelas, risiko *over-maintenance* atau *under-maintenance* sangat tinggi, yang pada akhirnya dapat menyebabkan pemborosan biaya atau kerusakan mesin yang tidak terduga.

Selain itu, *Gantt Chart* dan Tabel Jadwal ISMO yang disusun berdasarkan hasil kalkulasi memberikan visualisasi waktu pelaksanaan yang berguna untuk:

- Menentukan beban kerja teknisi per tahun,
- Mendeteksi potensi tumpang tindih aktivitas,
- Menyusun prioritas pemeliharaan secara efisien,
- Dan menghindari pengeluaran mendadak akibat kerusakan mendadak.

Dengan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa perencanaan pemeliharaan berbasis siklus dengan pendekatan ISMO sangat relevan dan praktis untuk diterapkan, terutama pada bengkel berskala kecil yang tidak memiliki sistem digital terintegrasi.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan metode ISMO (*Inspection, Small Repair, Medium Repair, Overhaul*) untuk menyusun model perencanaan pemeliharaan jangka panjang yang terstruktur pada unit mesin nitrogen di AHASS Delima Motor. Dengan skor *repair complexity* sebesar 8, mesin tersebut ditetapkan memiliki siklus aktivitas selama 9,5 tahun berdasarkan standar ISMO.

Setiap aktivitas didistribusikan secara berkala dari tahun 2026 hingga 2035 dan diproyeksikan secara finansial menggunakan metode *Future Value* (FV), dengan asumsi tingkat inflasi tahunan sebesar 20,02%. Jadwal yang dihasilkan mencakup 9 kali inspeksi, 5 perbaikan kecil, 2 perbaikan sedang, dan 1 overhaul, dengan total biaya proyeksi sebesar Rp 25.552.627. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa model ini responsif terhadap variasi inflasi.

Model ini menawarkan alat perencanaan biaya yang praktis bagi bengkel jasa berskala kecil, memungkinkan mereka untuk memperkirakan kebutuhan pemeliharaan jangka panjang secara sistematis, tanpa harus bergantung pada sistem digital atau infrastruktur teknis yang kompleks. Penelitian lanjutan disarankan untuk menggabungkan pendekatan ini dengan metode pemeringkatan risiko seperti FMEA atau model pengambilan keputusan fuzzy guna meningkatkan presisi perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahlaq, A. M. S., Cahyadi, D., & Handika, F. S. (2017). Analisa Perawatan Mesin Pulper Menggunakan Metode Overall

Equipment Effectiveness (OEE). *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 3(2), 49. <https://doi.org/10.30656/intech.v3i2.878>

Alamri, T. O., & Mo, J. P. T. (2023). Optimisation of Preventive Maintenance Regime Based on Failure Mode System Modelling Considering Reliability. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 48(3), 3455–3477. <https://doi.org/10.1007/s13369-022-07174-w>

Astari, A. N., Ihsan, T., & Hidayat, T. (2023). Perencanaan Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Jet Dyeing Menggunakan Pendekatan Critical Path Method di PT XXX. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 10(1), 7–16. <https://doi.org/10.33197/jitter.vol10.iss1.2023.1534>

Bartholomew-Biggs, M., Christianson, B., & Zuo, M. (2006). Optimizing preventive maintenance models. *Computational Optimization and Applications*, 35(2), 261–279. <https://doi.org/10.1007/s10589-006-6449-x>

Boukili, A., & El Hammoumi, M. (2015). Preventive maintenance by vibratory analysis: case study. *International Journal of Engineering Research*, 4(8), 450–455. <https://doi.org/10.17950/ijer/v4s8/810>

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>

Efendi, A., & Prasetyawan, A. (2022). Pages 57-66 Adhan Efendi, Angga Prasetyawan, Yohanes Sinung Nugroho 58 | VANOS. *Journal Of Mechanical Engineering Education*, 7(1), 57–66. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/vanos>

Fachrudin, A. R. (2022). Penerapan Sistem Perawatan Metode Ismo Pada Turbin Tipe Vertical Francis Kapasitas 35 Mw. *Machine : Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 22–29. <https://doi.org/10.33019/jm.v7i2.1916>

Falwaguna, M. S., & Ihsan, T. (2024). Penerapan SHINVA OEE Monitoring System untuk Meningkatkan OEE di PT.

- Makmur Jaya Abadi. *Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 4(1), 220–228. <https://doi.org/10.46306/tgc.v4i1.228>
- Gaikwad, S. S., Patil, B. P., & Wayal, A. S. (2019). Life Cycle Cost Analysis of Road Pavements. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 8(12), 741–744. <https://doi.org/10.17577/IJERTV8IS120311>
- Garg, H. P. (1976). *Maintenance Engineering*. Khanna Publishers.
- Halimatusiam, D., & Istiqlaliyah, H. (2023). Analisa Perawatan Mesin Perajang Lontongan Kerupuk Dengan Metode ISMO. *INOTEK: Prosiding Seminar Nasional Inovasi Dan Teknologi*, 7. <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/view/5778>
- Hasan, I., Denur, & Hakim, L. (2020). Penerapan Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Mesin Ripple Mill. *Jurnal Surya Teknika*, 6(1), 43–48. <https://doi.org/10.37859/jst.v6i1.1866>
- Hasrul, H., Shofa, M. J., & Winarno, H. (2017). Analisa Kinerja Mesin Roughing Stand dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA). *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 3(2), 55. <https://doi.org/10.30656/intech.v3i2.879>
- Ihsan, T. (2024). Analisis Total Productive Maintenance (TPM) pada Mesin Strip Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) PT XYZ. *Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 4(1), 209–219. <https://doi.org/10.46306/tgc.v4i1.239>
- Ihsan, T., Rochman, D. D., & Ferdian, R. (2024). Fuzzy-FMECA: Right Solution for Jet Dyeing Machine Damage Prevention. *Spektrum Industri*, 22(2), 213–228. <https://doi.org/10.12928/si.v22i2.204>
- Ilmi, F. B., Garside, A. K., Khoidir, A., & Wardana, R. W. (2024). Usulan Peningkatan Efektivitas Mesin Hammer Milling dengan Metode ORE dan FMECA. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 10(1), 33–40. <https://doi.org/10.30656/intech.v10i1.818>
- 9
- Kattan, I. A., & Hassan, A. K. (2010). A case study on improving the effectiveness of preventive maintenance. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 5(5), 353–361. <https://doi.org/10.1080/17509653.2010.10671126>
- Khazanah, N., & Razali, R. (2019). Perencanaan Perawatan Mesin Bubut (Merek Krisbow Type KW 15-979) Berdasarkan Metode ISMO. *Seminar Nasional Industri Dan Teknologi*, 88–97. <https://snit-polbeng.org/eprosiding/index.php/snit/article/view/73>
- Kurnia, A., & Istiqlaliyah, H. (2022). Analysis Maintenance Of The 2 Kg Capacity Meatball Printing Machine Using The Ismo Method. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 350–357.
- Lee, J., Kim, B., & Ahn, S. (2019). Maintenance optimization for repairable deteriorating systems under imperfect preventive maintenance. *Mathematics*, 7(8). <https://doi.org/10.3390/math7080716>
- Nakajima, S. (1998). *Implementing Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Park, C. S. (2007). *Contemporary Engineering Economics* (4th ed.). Pearson Education.
- Pranata, K., & TEKMAPRO, J. A. S. (2024). Penerapan Sistem Perawatan Mesin Niagara Filter Menggunakan Metode Preventive Maintenance Dengan Klasifikasi Ismo Di Pt Xyz. *Tekmapro*, 19(2), 218–229. <https://doi.org/10.33005/tekmapro.v19i2.418>
- Seo, Y., Jung, J. Y., Han, S., & Kang, K. (2020). Availability estimation of air compression and nitrogen generation systems in lng-fps0 depending on design stages. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(23), 1–16. <https://doi.org/10.3390/app10238657>
- Widhy Wirakusuma, K., Pranata, A., Purba, P., & Muhammad, K. (2023). INVENTOR Y Industrial Vocational E-Journal on Agroindustry 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), 10–18. <http://inventory.poltekatipdg.ac.id/>

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>

Wu, S., & Clements-Croome, D. (2005). Preventive maintenance models with random maintenance quality. *Reliability Engineering and System Safety*, 90(1), 99–105. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2005.03.012>

