

Perancangan Sistem *Preventive Maintenance* untuk Meningkatkan *Availability* Peralatan Produksi Menggunakan Metode ISMO di CV Rejeki Abadi Machinery

Dhion Khairul Nugraha¹⁾, Herman Budi Harja²⁾, Novi Saksono Brodjo Muhadi³⁾, Risky Ayu Febriani⁴⁾, Nazhiif Akmal Aaqilah⁵⁾, Omar Syaifan Azizi⁶⁾

^{1), 2), 3), 4), 5), 6)}Prodi Pemeliharaan Mesin, Jurusan Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

E-mail: ¹⁾dhionkn@polman-bandung.ac.id, ²⁾herman@polman-bandung.ac.id, ³⁾novi@polman-bandung.ac.id, ⁴⁾riskyayu@me.polman-bandung.ac.id, ⁵⁾nazhiifaaqilah15@gmail.com, ⁶⁾omarsyaifan07@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *preventive maintenance* dengan metode ISMO untuk peralatan produksi di CV Rejeki Abadi Machinery. CV tersebut berlokasi di Jawa Tengah yang memproduksi pompa air dalam negeri. Saat ini strategi pemeliharaan yang digunakan adalah *corrective maintenance*, dimana pemeliharaan mesin baru dilakukan ketika terjadi kerusakan. Hal ini berakibat pada rendahnya *availability* mesin, kerugian akibat mesin tidak digunakan, dan biaya pemeliharaan yang tinggi. Perusahaan berupaya untuk melakukan pembaruan sistem pemeliharaan menjadi *preventive maintenance*. Metode yang dilakukan dalam perancangan sistem *preventive maintenance* adalah berbasis ISMO, dimana siklus pemeliharaan suatu objek mesin ditentukan oleh nilai kerumitannya. Nilai kerumitan mesin secara signifikan dipengaruhi oleh spesifikasi mesin dan beban kerja yang direncanakan akan diterima. Berdasarkan perolehan siklus ISMO pemeliharaan untuk setiap mesin dapat dihitung kualifikasi dan jumlah kebutuhan tenaga kerja. Hasil perhitungan dan perbandingan nilai *availability* keseluruhan objek mesin antara saat penerapan *corrective maintenance* dan simulasi setelah penerapan sistem *preventive maintenance* menunjukkan adanya peningkatan nilai *availability* objek mesin. Rata-rata *availability* meningkat dari sebelumnya 79,5% menjadi 96,3%. Dengan adanya sistem *preventive maintenance*, diharapkan CV Rejeki Abadi Machinery dapat menjamin kelangsungan produksi dan mengurangi risiko kegagalan mesin yang tidak terduga.

Kata Kunci: *availability*, ISMO, pemeliharaan, peralatan produksi, *preventive maintenance*

Abstract

This paper presents the design of a preventive maintenance system using the ISMO method for production equipment at CV Rejeki Abadi Machinery. The company is in Central Java and produces domestic water pumps. Currently, the company applied a corrective maintenance strategy, where the maintenance activities are only carried out after failure occurs. This results in low equipment availability, losses due to unused equipments, and high maintenance costs. The company is trying to update its maintenance system to preventive maintenance. The method used in the design of preventive maintenance system is based on ISMO, where the maintenance cycle is determined by its complexity repair value. The complexity repair of the machine is

significantly influenced by the machine specifications and the planned workload. Based on the acquisition of the ISMO maintenance cycle for each object, the qualification and number of labor requirements can be calculated. The results of the calculations and comparisons of the availability of the equipment objects between the implementation of corrective maintenance and the simulation after the implementation of the preventive maintenance system show an increase in the availability. The average availability increased from 79,5% to 96,3%. With the implementation of a preventive maintenance system, CV Rejeki Abadi Machinery can ensure production continuity and reduce the risk of unexpected equipment failures.

Keywords: availability, ISMO, maintenance, production equipment, preventive maintenance

1. PENDAHULUAN

CV Rejeki Abadi Machinery merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dengan hasil produksi pompa air untuk irigasi dan pertanian. CV ini berlokasi di Kabupaten Tegal, Jawa Tengah. CV Rejeki Abadi Machinery belum memiliki strategi dan sistem pemeliharaan terjadwal berbasis *preventive maintenance*. CV tersebut masih menerapkan strategi *corrective maintenance*. Strategi pemeliharaan ini baru dilakukan bila telah terjadi kerusakan ataupun kegagalan pada mesin, sehingga bersifat reaktif [1]. Pada dokumen rekapitulasi pemeliharaan peralatan produksi, frekuensi terjadinya kerusakan peralatan produksi cukup sering terjadi, dan kegiatan perbaikan dilakukan cukup lama. Hal ini dapat terjadi karena faktor ketidaksiapan sumber daya pemeliharaan karena peralatan produksi dapat rusak secara mendadak [2]. Akibat lamanya waktu perbaikan dapat menyebabkan nilai *availability* atau ketersediaan mesin menjadi rendah. Selain itu, performa peralatan produksi secara keseluruhan dapat menurun [3] [4]. Dampaknya adalah terjadi penurunan kapasitas produksi akibat mesin yang tidak dapat dipakai [5] [6] dan penurunan nilai OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) [7].

Preventive maintenance merupakan salah satu bentuk strategi pemeliharaan berbasis pencegahan secara terjadwal. Strategi pemeliharaan berbasis pencegahan akan diintegrasikan dengan sistem produksi dalam mengurangi kegagalan mesin yang tidak terjadwal [8]. Salah satu metode pemeliharaan ini adalah metode ISMO. Metode ini merupakan kepanjangan dari *inspection, small repair, medium repair* dan *overhaul*. Strategi pemeliharaan dilakukan secara terencana dan terjadwal sesuai dengan siklus pemeliharaan. Siklus pemeliharaan didapatkan berbasis beban operasi penggunaan masing-masing peralatan produksi, dimensi mesin, dan material yang digunakan untuk proses pemesinan. Pemeliharaan ini ditentukan berdasarkan rekomendasi pabrik pembuat mesin ataupun mengacu pada nilai kerumitan (*complexity repair*) peralatan produksi. Nilai kerumitan didapatkan dari dimensi mesin hasil pengukuran [9].

Beberapa penelitian mengenai strategi pemeliharaan berbasis pencegahan telah dilakukan sebelumnya. Harja et al melakukan penelitian mengenai penerapan *preventive maintenance* untuk mesin *shoot blasting* menggunakan metode ISMO. Hasilnya menunjukkan bahwa usulan *preventive maintenance* akan meningkatkan *availability* mesin hingga 80% [10]. Pranata et al juga melakukan kajian yang sama yaitu membandingkan *availability* peralatan setelah

menerapkan ISMO. Hasilnya adalah mampu meningkatkan *availability* mesin hingga 88% [11]. Penerapan sistem pemeliharaan dengan metode ISMO juga dilakukan oleh Fachruddin et al untuk turbin *vertical Francis* kapasitas 35 MW. Dari hasil perencanaan didapatkan satu siklus pemeliharaan yang meliputi *inspection, small repair, medium repair, dan overhaul* dengan rentang waktu 3 tahun. Fachrudin et al juga mengestimasi biaya pemeliharaan yang timbul per siklus pemeliharaan [12]. Perencanaan penjadwalan pemeliharaan juga dapat dilakukan pada mesin CNC. Ratlalan et al melakukan kajian penjadwalan pemeliharaan menggunakan metode ISMO untuk mesin CNC *Milling*. Hasilnya adalah jumlah *inspection, small repair, medium repair, dan overhaul* terdefinisi beserta dengan rentang waktunya [13]. Tidak hanya mesin berkapasitas besar, metode ISMO juga dapat dibuat pada mesin kecil seperti pada mesin *disc mill* tongkol jagung [14].

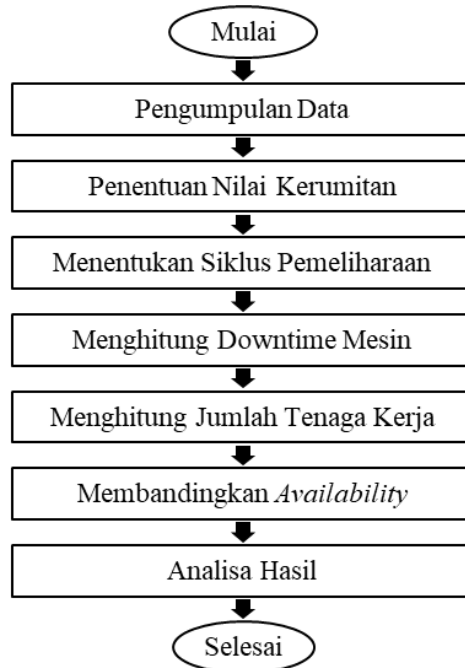
Metode lain yang digunakan dalam perencanaan *preventive maintenance* adalah metode distribusi *Weibull*. Harja et al membuat kajian mengenai pembaharuan jadwal pemeliharaan pada mesin *curing* menggunakan metode distribusi *Weibull*. Hasilnya adalah pembaharuan kegiatan pemeliharaan yang mengacu dari nilai *lifetime* komponen mesin yang menyebabkan terjadinya kegagalan [15]. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) juga dapat digunakan sebagai basis penjadwalan *preventive maintenance* dimana metode ini didapat dengan mengumpulkan data kerusakan dan membuat prioritas untuk kegiatan pemeliharaan [16] [17]. Strategi perencanaan pemeliharaan lainnya adalah dengan pendekatan *Analysis Hierarchy Process* (AHP). Metode ini dilakukan dengan menguraikan masalah-masalah yang kompleks menjadi sebuah struktur hirarki. Sitinjak et al melakukan kajian pemeliharaan dengan metode AHP pada mesin eskavator. Hasilnya didapatkan alternatif strategi paling optimal terhadap objek mesin tersebut [18].

Berdasarkan paparan tersebut, kajian mengenai strategi *preventive maintenance* dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan untuk berbagai peralatan. CV Rejeki Abadi Machinery belum memiliki sistem pemeliharaan berbasis pencegahan, sehingga penelitian ini dilakukan dengan tujuan merancang sistem pemeliharaan peralatan produksi berbasis ISMO. Kinerja hasil perancangan *preventive maintenance* akan mengintegrasikan dan mengevaluasi ketersediaan (*availability*) peralatan produksi dengan membandingkan kondisi *existing* saat menggunakan *corrective maintenance* dengan kondisi estimasi ketika *preventive maintenance* diterapkan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan rancangan sistem pemeliharaan yang sistematis, tetapi juga bukti mengenai potensi peningkatan ketersediaan dan kesiapan peralatan produksi, sehingga dapat menjadi dasar dalam menentukan strategi pemeliharaan yang efektif bagi perusahaan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung di CV Rejeki Abadi Machinery terhadap peralatan produksi yang tersedia. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan identifikasi terhadap peralatan produksi. Secara total, CV tersebut memiliki peralatan produksi berjumlah 40. Pada penelitian ini, digunakan 5 mesin

dengan klasifikasi mesin bubut sebagai objek penelitian pembuatan sistem *preventive maintenance* berbasis ISMO. Setelah mesin teridentifikasi, dilakukan pengukuran dimensi mesin untuk mengetahui nilai kerumitan mesin. Nilai kerumitan mesin merupakan sebuah parameter yang digunakan untuk melihat seberapa kompleks konstruksi mesin. Kerumitan mesin akan bergantung pada dimensi mesin yang telah diukur. Dari nilai kerumitan mesin akan ditentukan siklus pemeliharaan sesuai dengan metode ISMO yang mengacu pada Garg [9].



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Setelah mendapatkan siklus pemeliharaan, dilakukan perhitungan *downtime* mesin ketika proses pemeliharaan berlangsung dan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan. Dalam menentukan *downtime*, rumus yang digunakan adalah [9]:

$$WP = NK \times i \times JK \tag{1}$$

Dimana *WP* adalah *downtime*, *NK* adalah nilai kerumitan mesin, *i* adalah faktor pengali ISMO, dan *JK* adalah jam kerja selama 1 hari. Jumlah tenaga kerja yang diperlukan dapat mengacu pada rumus berikut [9]:

$$TK = \frac{NK \times j}{WP \times JK} \tag{2}$$

Tabel 1. Faktor Pengali ISMO [9]

Klasifikasi Pemeliharaan	Faktor Pengali <i>i</i> (hari)	Faktor Pengali <i>j</i>
<i>Inspection</i> (I)	0,10	1
<i>Small repair</i> (S)	0,25	5
<i>Medium repair</i> (M)	0,60	18
<i>Overhaul</i> (O)	1,00	30

TK merupakan tenaga kerja yang dibutuhkan dan *j* adalah faktor pengali ISMO. Faktor pengali *i* dan *j* ditunjukkan pada Tabel 1.

Setelah keseluruhan sistem *preventive maintenance* dibuat, dilakukan perbandingan ketersediaan (*availability*) mesin produksi pada saat pemeliharaan menggunakan strategi *corrective maintenance* dan estimasi apabila *preventive maintenance* dilakukan. Rumus yang digunakan dalam menentukan *availability* mesin adalah [19]:

$$Availability = \frac{JK\ 1\ tahun - WP}{JK\ 1\ tahun} \times 100\% \tag{3}$$

Pada kondisi *corrective maintenance*, data yang digunakan adalah data kerusakan mesin yang tercatat selama 1 tahun kalender. Dari perbandingan nilai *availability* mesin dapat dilihat apakah rancangan sistem *preventive maintenance* dapat berdampak signifikan atau tidak terhadap peralatan produksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peralatan produksi yang menjadi objek penelitian terdiri dari 5 mesin bubut. Nilai kerumitan menjadi acuan awal dalam menentukan siklus pemeliharaan berbasis ISMO. Nilai kerumitan mesin untuk masing-masing kategori mesin mengacu pada dimensi bagian mesin yang berbeda-beda. Pada mesin bubut, dimensi *bed to center* dan *between center* menjadi acuan dalam menentukan nilai kerumitan. Tabel 2 menunjukkan nilai kerumitan masing-masing mesin sesuai dengan acuan pada Garg [9].

Tabel 2. Nilai Kerumitan Mesin

No	Jenis Mesin	Parameter yang Diukur	Hasil Pengukuran	Nilai Kerumitan
1	Bubut AMC	<i>Bed to Center</i> <i>Between Center</i>	790 mm 200 mm	7
2	Bubut Martin	<i>Bed to Center</i> <i>Between Center</i>	960 mm 240 mm	8
3	Bubut San-Yuen (GF-1700AS)	<i>Bed to Center</i> <i>Between Center</i>	710 mm 340 mm	7
4	Bubut Ta-Shing	<i>Bed to Center</i> <i>Between Center</i>	1350 mm 280 mm	10
5	Bubut Besar	<i>Bed to Center</i> <i>Between Center</i>	2140 mm 350 mm	12

Dari nilai kerumitan yang telah ditunjukkan pada Tabel 2, maka dapat ditentukan siklus pemeliharaan dari mesin-mesin yang ada di CV Rejeki Abadi Machinery. Mesin bubut masuk dalam kategori *metal cutting machine*. Dengan nilai kerumitan berkisar antara 7 hingga 12, maka siklus pemeliharaan objek mesin tersebut adalah [9]:

O₁-I₁-S₁-I₂-S₂-I₃-M₁-I₄-S₃-I₅-S₄-I₆-M₂-I₇-S₅-I₈-S₆-I₉-O₂

Penjelasan dari siklus di atas adalah sebagai berikut. Siklus dimulai dengan O (*overhaul*). Karena mesin-mesin yang menjadi objek penelitian bukan mesin baru, maka perlu dilakukan penyesuaian terlebih dahulu agar hasilnya lebih optimal. Mesin akan dilakukan *overhaul* yaitu pengecekan dan pembongkaran mesin secara keseluruhan. Hal ini dilakukan agar kondisi mesin mendekati kondisi pada saat baru. Dalam 1 siklus pemeliharaan terdapat 9 kali *inspection*, 6 kali *small repair*, dan 2 kali *medium repair*. Rentang periode masing-masing pemeliharaan menyesuaikan dengan kondisi di CV Rejeki Abadi Machinery. Jam kerja per hari hanya terdapat 1 shift dengan jam kerja per hari adalah 8 jam. Dalam 1 minggu,

terdapat 5 hari kerja. Material yang sering digunakan pada saat proses pemesinan adalah *aluminum alloy*. Tipe produksi mengacu pada *series*, dengan pembuatan produk dalam jumlah banyak untuk 1 tipe. Mengacu pada Garg, maka rentang waktu antar masa pemeliharaan adalah 9 bulan. Setelah dilakukan *overhaul* pada bulan pertama, maka 9 bulan kemudian akan dilakukan *inspection* pertama, dan seterusnya sesuai dengan siklus di atas. Dari siklus pemeliharaan yang telah dibuat akan menjadi acuan CV Rejeki Abadi Machinery dalam menentukan jadwal *preventive maintenance* berbasis ISMO, dengan mempertimbangkan sumber daya pemeliharaan, biaya pemeliharaan, dan beban operasi mesin.

Setelah mendapatkan siklus pemeliharaan, dilakukan perhitungan *downtime* masing-masing objek mesin sesuai dengan klasifikasi pemeliharaan. Rumus yang digunakan untuk menentukan *downtime* adalah rumus (1). *Downtime* yang didapatkan juga akan mempengaruhi kebutuhan teknisi dalam melakukan *preventive maintenance*, sesuai dengan rumus (2). Setiap 2 teknisi dibutuhkan tambahan 1 *helper*. Rekapitulasi *downtime* dan kebutuhan tenaga kerja ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. *Downtime* dan Tenaga Kerja yang Dibutuhkan

No	Jenis Mesin	Klasifikasi	Downtime		Tenaga Kerja		
			Hari	Jam	Teknisi	Helper	Total
1	Bubut AMC	I	0,7	5,6	1	0	1
		S	1,75	14	3	1	4
		M	4,2	33,6	4	2	6
		O	7	56	4	2	6
2	Bubut Martin	I	0,8	6,4	1	0	1
		S	2	16	3	1	4
		M	4,8	38,4	4	2	6
		O	8	64	4	2	6
3	Bubut San-Yuen (GF-1700AS)	I	0,7	5,6	1	0	1
		S	1,75	14	3	1	4
		M	4,2	33,6	4	2	6
		O	7	56	4	2	6
4	Bubut Ta-Shing	I	1	8	1	0	1
		S	2,5	20	3	1	4
		M	6	48	4	2	6
		O	10	80	4	2	6
5	Bubut Besar	I	1,2	9,6	1	0	1
		S	3	24	3	1	4
		M	7,2	57,6	4	2	6
		O	12	96	4	2	6

Dalam usulan pelaksanaan *preventive maintenance*, CV Rejeki Abadi Machinery perlu mengkondisikan jadwal pelaksanaan *preventive maintenance* dengan kebutuhan produksi dan beban penggunaan peralatan. Karena pada saat pelaksanaan salah satu siklus ISMO, peralatan produksi tidak dapat digunakan sejumlah jam yang telah ditentukan sebelumnya. Item pekerjaan per masing-masing kegiatan ISMO telah didefinisikan sesuai dengan bobot pekerjaan. Selain itu,

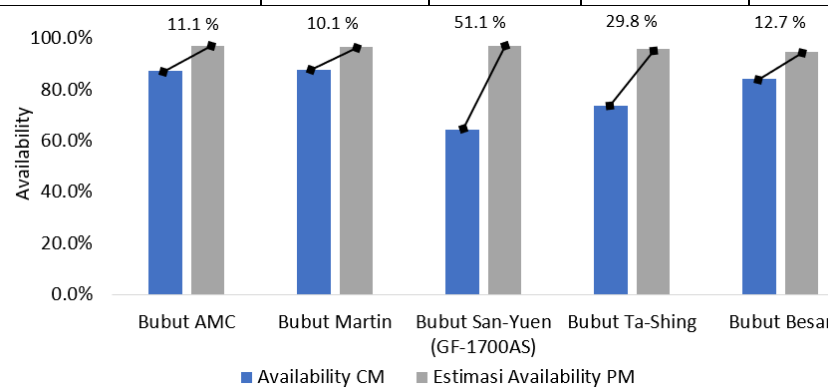
Perancangan Sistem *Preventive Maintenance* untuk Meningkatkan Availability Peralatan Produksi Menggunakan Metode ISMO di CV Rejeki Abadi Machinery (Dhion Khairul Nugraha, dkk.)

perusahaan juga perlu memetakan kebutuhan sumber daya pemeliharaan. Hal ini akan berpengaruh terhadap biaya pemeliharaan.

Untuk mengetahui apakah usulan pelaksanaan *preventive maintenance* dapat berdampak terhadap ketersediaan mesin, maka dilakukan perbandingan antara pada saat strategi *corrective maintenance* dengan estimasi pelaksanaan *preventive maintenance*. Rumus yang digunakan adalah rumus (3). Pada saat perusahaan menggunakan strategi *corrective maintenance*, *downtime* yang digunakan sebagai acuan adalah data kerusakan mesin yang tercatat selama 1 tahun. Sedangkan *downtime* yang menjadi acuan dalam estimasi *preventive maintenance* adalah *downtime* sesuai Tabel 3 dengan asumsi melaksanakan *overhaul* dan *inspection* yang pertama dalam rentang 1 tahun ke depan. Jam kerja perusahaan hanya 1 shift per hari dengan masing-masing shift 8 jam kerja dan terdapat 5 hari kerja. Maka jam kerja selama 1 tahun adalah 2080 jam. Rekapitulasi perbandingan antara *corrective maintenance* dan estimasi pelaksanaan *preventive maintenance* ditunjukkan pada Tabel 4 dan ilustrasi grafik pada Gambar 2.

Tabel 4. Perbandingan *Availability* antara Kondisi CM dan Estimasi PM

No	Jenis Mesin	Data Kerusakan (jam)	Estimasi Downtime Saat PM (jam)	<i>Availability</i> CM	Estimasi <i>Availability</i> PM
1	Bubut AMC	264	61,6	87,3 %	97,0 %
2	Bubut Martin	256	70,4	87,7 %	96,6 %
3	Bubut San-Yuen (GF-1700AS)	744	61,6	64,2 %	97,0 %
4	Bubut Ta-Shing	544	88	73,8 %	95,8 %
5	Bubut Besar	328	105,6	84,2 %	94,9 %



Gambar 2. Ilustrasi Peningkatan *Availability* Peralatan Produksi

Pada saat menggunakan strategi *corrective maintenance*, rata-rata *availability* sebesar 79,5%. Ketika penerapan strategi *preventive maintenance* dilakukan, nilai estimasi *availability* dapat meningkat menjadi 96,3%. Seluruh objek peralatan produksi mengalami peningkatan, dimana peningkatan terbesar terjadi pada mesin bubut San-Yuen dengan peningkatan sebesar 51,1% dari kondisi sebelumnya. Rata-rata peningkatan *availability* untuk keseluruhan objek sebesar 23%. Peningkatan tersebut dapat dicapai apabila pelaksanaan *preventive maintenance* dilakukan secara konsisten dan tidak ada kerusakan mesin yang tidak terjadwal. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan strategi *preventive maintenance* berbasis ISMO

diharapkan dapat berdampak signifikan terhadap ketersediaan mesin untuk digunakan. Adanya strategi pemeliharaan ini, mesin akan siap dipakai, sehingga aktifitas produksi dapat berlangsung dengan lebih baik dan biaya tak terduga akibat adanya kerusakan mesin tidak terjadwal dapat diminimalisir. Kondisi ini memungkinkan perusahaan memanfaatkan penggunaan mesin sesuai dengan kapasitas maksimal tanpa perlu adanya investasi pada peralatan baru. Dengan meningkatnya ketersediaan peralatan dan berkurangnya frekuensi kerusakan mesin tidak terencana, efektivitas dan efisiensi proses produksi juga berpotensi mengalami peningkatan.

4. SIMPULAN

Perancangan sistem *preventive maintenance* di CV Rejeki Abadi Machinery dengan objek kajian 5 mesin bubut telah berhasil dilakukan. Dengan mengacu pada nilai kerumitan mesin, siklus pemeliharaan dari kelima mesin bubut tersebut adalah **O₁-I₁-S₁-I₂-S₂-I₃-M₁-I₄-S₃-I₅-S₄-I₆-M₂-I₇-S₅-I₈-S₆-I₉-O₂** dengan rentang waktu pemeliharaan per masing-masing kategori ISMO adalah 9 bulan. Agar dapat memulai siklus pemeliharaan dengan baik, perlu dilakukan *overtime* terlebih dahulu agar mesin seperti dalam kondisi baru. Masing-masing mesin bubut telah dilakukan perhitungan *downtime* dan kebutuhan tenaga kerja per klasifikasi kegiatan ISMO. *Downtime* dan jumlah tenaga kerja akan menjadi acuan dalam menentukan waktu dan strategi yang tepat untuk melakukan pemeliharaan, disesuaikan dengan beban operasi mesin dan ketersediaan sumber daya pemeliharaan. Dari hasil perhitungan *availability* mesin menunjukkan bahwa terdapat rata-rata peningkatan dari saat kondisi pendekatan *corrective maintenance* dengan estimasi setelah *preventive maintenance* diimplementasikan. Rata-rata *availability* meningkat dari sebelumnya 79,5% menjadi 96,3%. Peningkatan *availability* ini merupakan indikasi yang baik bahwa penggunaan strategi *preventive maintenance* dapat meningkatkan ketersediaan mesin. Hal ini juga dapat menjadi acuan bagi peralatan produksi lain di CV Rejeki Abadi Machinery untuk dilakukan strategi pemeliharaan berbasis ISMO.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Manufaktur Bandung, karena penelitian ini telah didanai melalui skema Penelitian Pembentukan Profil Lulusan Berbasis Kolaborasi Industri (P3LBKI) tahun anggaran 2024. Penulis juga mengucapkan terima kasih atas kerjasamanya kepada jajaran CV Rejeki Abadi Machinery yang telah memberikan dukungan selama penelitian berlangsung.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. R. Higgins and R. K. Mobley, *Maintenance Engineering Handbook*, New York: McGraw-Hill, 2002.
- [2] M. R. Akbar and W. Widiasih, "Analisis Perawatan Mesin Bubut dengan Metode Preventive Maintenance Guna Menghindari Kerusakan Secara Mendadak dan Untuk Menghitung Biaya Perawatan," *Jurnal Senopati*, vol. 1, no. 2, pp. 32-45, 2022.
- [3] A. Efendi, A. Prasetyawan and Y. S. Nugroho, "Performance Testing and Preventive Maintenance of Roller Bending Machine Using the ISMO

- Method," *Vanos Journal of Mechanical Engineering Education*, vol. 7, no. 1, pp. 57-66, 2022.
- [4] T. Ylipaa, A. Skoogh, J. Bokrantz dan M. Gopalakrishnan, "Identification of maintenance improvement potential using OEE assessment," *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 66, no. 1, pp. pp. 126-143, 2017.
- [5] A. S. Purba, N. F. Pujo, N. Pamungkas, N. Yuniarsih, N. H. Batubara and D. Prasetyo, "Studi Pengaruh Nilai Availability Mesin Stamping Terhadap Jumlah Hasil Produksi," *Jurnal Integrasi*, vol. 16, no. 2, pp. 98-103, 2024.
- [6] P. Rokhforoz dan O. Fink, "Distributed joint dynamic maintenance and production scheduling in manufacturing systems: Framework based on model predictive control and Benders decomposition," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 59, pp. pp. 596-606, 2021.
- [7] Y.-J. Park dan S. Hur, "Improvement of Productivity through the Reduction of Unexpected Equipment Faults in Die Attach Equipment," *Processes*, vol. 8, no. 4, pp. pp. 1-18, 2020.
- [8] E.-H. Aghezaf, A. Khatab dan P. L. Tam, "Optimizing production and imperfect preventive maintenance planning's integration in failure-prone manufacturing systems," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 145, pp. pp. 190-198, 2016.
- [9] H. Garg, *Industrial Maintenance*, New Delhi: S Chand & Co, 2002.
- [10] H. B. Harja, A. R. Putra and W. Kresnandi, "Perencanaan Strategi Preventive Maintenance Pada Mesin Shot Blasting di PT. ABC dengan Klasifikasi ISMO," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Manufaktur*, vol. 3, no. 1, pp. 1-10, 2021.
- [11] K. Pranata and J. A. Saifudin, "Penerapan Sistem Perawatan Mesin Niagara Filter Menggunakan Metode Preventive Maintenance dengan Klasifikasi ISMO di PT XYZ," *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 19, no. 2, pp. 218-229, 2024.
- [12] A. R. Fachrudin and F. A. F. Astuti, "Penerapan Sistem Perawatan Metode ISMO pada Turbin Tipe Vertical Francis Kapasitas 35 MW," *Machine Jurnal Teknik Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 22-29, 2021.
- [13] R. M. Ratlalan and M. F. A. Ripai, "Perencanaan Penjadwalan Maintenance Mesin CNC Milling Type GXV 1000 Menggunakan Metode ISMO," *Jurnal Tematis (Teknologi, Manufaktur, dan Industri)*, vol. 4, no. 2, pp. 18-28, 2023.
- [14] A. Efendi and R. Suhartono, "Perbaikan dan pemeliharaan mesin disc mill bongkol jagung," *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 2, no. 1, pp. 42-51, 2019.
- [15] H. B. Harja and N. A. Nugraha, "Usulan Pembaharuan jadwal Kegiatan Preventive Maintenance pada Mesin Curing PCR PT.XYZ Menggunakan Metoda Distribusi Weibull," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Manufaktur*, vol. 1, no. 1, pp. 23-35, 2019.
- [16] S. S. Islam, T. Lestari, A. Fitriani and D. A. Wardani, "Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Produksi dengan Metode Fuzzy FMEA," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 8, no. 1, pp. 13-20, 2020.
- [17] U. G. Okoro, A. Mubaraq, E. U. Olugu, S. A. Lawal dan K. Y. Wong, "A dynamic maintenance planning methodology for HVAC systems based on

- Fuzzy-TOPSIS and failure mode and Effect Analysis,” *Journal of Building Engineering*, vol. 98, p. 111326, 2024.
- [18] F. R. Sitinjak and F. T. R. Silalahi, "Analisis Strategi Pemeliharaan Preventive Maintenance Excavator Menggunakan Pendekatan Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Analisis Sensitivitas," *Journal of Integrated System (JIS)*, vol. 6, no. 2, pp. 226-242, 2023.
- [19] S. Boris, *Total Predictive Maintenance*, New York: McGraw-Hill, 2006.