

Integrasi Metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (FAHP) Dalam Pemilihan Kebijakan *Risk Based Maintenance* Pada Mesin DH2100

Rahmad Wisnu Wardana^{*1}, Bagus Mahendra Efendi², Ilyas Masudin³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang,
Jl. Raya Tlogomas No. 246 Malang, 65144, Indonesia
e-mail: rahmadwisnu78@umm.ac.id^{1*}, Bagusmahendra@umm.ac.id², masudin@umm.ac.id³

Abstrak: Penelitian ini membahas tentang integrasi Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) dalam pemilihan kebijakan Risk Based Maintenance (RBM) pada Mesin DH2100 di PT Fajar Putra Plasindo. Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan efektivitas strategi perawatan dan mengoptimalkan pengambilan keputusan dalam pemilihan kebijakan RBM. Metode FAHP digunakan untuk mengatasi ketidakpastian dan kompleksitas dalam pengambilan keputusan Tindakan perawatan yang tepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa didapatkan nilai risiko sebesar Rp83,365,100 atau dengan presentase risiko sebesar 0.1%. presentase risiko tersebut melebihi batas toleransi yang sudah ditetapkan. Maka selanjutnya dilakukan pemilihan Tindakan perawatan menggunakan FAHP, dari hasil perhitungan didapatkan bahwa Tindakan perawatan Condition Based Maintenance adalah Tindakan perawatan yang tepat untuk mesin DH2100.

Kata kunci: *Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP), Pemilihan kebijakan, Risk Based Maintenance (RBM), Mesin DH2100*

Abstract: This study discusses the integration of Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) method in the selection of Risk Based Maintenance (RBM) policy for DH2100 Machine at PT Fajar Putra Plasindo. The objective of this research is to enhance the effectiveness of maintenance strategies and optimize decision-making in RBM policy selection. The FAHP method is employed to address the uncertainties and complexities in maintenance decision-making. The results showed that a risk value of Rp. 83,365,100 was obtained or with a risk percentage of 0.1%. the percentage of the risk exceeds the established tolerance limit. So then the selection of maintenance actions is carried out using the FAHP, from the calculation results it is found that Condition Based Maintenance maintenance actions are the right maintenance actions for the DH2100 Machine.

Keywords—*Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP), Policy selection, Risk Based Maintenance (RBM), DH2100 Machine*

Pemeliharaan (maintenance) dalam industri memiliki peranan penting dalam menjaga kinerja mesin (T. P. Carvalho, F. A. A. M. N. Soares, R. Vita, R. da P. Francisco, J. P. Basto, and S. G. S. Alcalá, 2019), (M. Nasution, A. Bakhori, and W. Novarika, 2021) dan menjamin kelancaran proses produksi (A. S. Wulandari and Erdi, 2023), (I. F. H. Lewohokol, Subianto, and M. Askiyanto, 2022). Salah satu metode yang digunakan untuk mengoptimalkan pemeliharaan dan mengurangi risiko kerusakan adalah Risk Based Maintenance (RBM). Ketika sebuah perusahaan tidak memiliki strategi perawatan yang tepat, dampaknya dapat mencakup kerugian dalam berbagai aspek seperti biaya, waktu, dan tenaga. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pendekatan Risk Based Maintenance, yang berfokus pada risiko kegagalan peralatan (F. Amir, J. Alhilman, and A. Pamoso, 2021), (V. R. P. Lubis, 2022), (F. Ramdan and G. H. N. N. Rahayu, 2023) dan biaya pemeliharaan (A. Maharani, I. Wahyuli, S. Supriyadi, A. Nalhadi, and F. Fathurohman, 2022), mampu memberikan hasil yang efektif.

PT Fajar Putra Plasindo merupakan perusahaan dalam bidang plastik yang menggunakan mesin DH2100, D500, dan D250 dalam proses produksinya. Berdasarkan data frekuensi kerusakan, dalam setahun mesin DH2100 mengalami kerusakan sejumlah 70 kali, mesin D500 mengalami kerusakan 38 kali, dan mesin D250 mengalami kerusakan 11 kali. Hal ini menunjukkan mesin DH2100 memiliki frekuensi kerusakan yang lebih tinggi daripada mesin lainnya, sehingga berpotensi mengganggu produksi dan penjualan palet yang merupakan produk utama perusahaan. Saat ini, perusahaan belum memiliki daftar kerusakan yang terjadi serta kebijakan strategi pemeliharaan yang jelas. Hal ini menyebabkan peningkatan risiko dan biaya maintenance yang tinggi.

Penerapan RBM dapat membantu mengurangi risiko kerusakan pada mesin DH2100 sehingga penggunaan biaya menjadi lebih efisien. Dalam pemilihan rencana pemeliharaan yang optimal, metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) digunakan sebagai pendukung. FAHP membantu dalam mengorganisir hierarki kriteria dengan cara memecahkan persoalan yang kompleks dan melibatkan pihak berkepentingan dalam menentukan prioritas (R. A. J. Putra, 2021), (D. Anggoro and N. Nawindah, 2019) (S. A. Ali and A. Ahmad, 2020). Penelitian ini mengintegrasikan metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) dalam pemilihan kebijakan RBM pada mesin DH2100. Tujuan utama penelitian ini adalah mengurangi risiko keseluruhan yang timbul akibat kegagalan pada mesin serta meningkatkan efisiensi penggunaan biaya maintenance.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis data.

Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, digunakan data primer dan data sekunder (K. Jilcha Sileyew, 2020). Data primer dimanfaatkan untuk pengambilan keputusan secara langsung dari perusahaan, melalui wawancara dan observasi dengan departemen maintenance. Sementara itu, data sekunder mencakup informasi mengenai komponen mesin, frekuensi kerusakan komponen mesin, perawatan komponen mesin, serta data tenaga kerja. Pengumpulan data primer dilakukan dalam dua tahap, yaitu pembentukan kriteria dan alternatif dalam pemilihan pemeliharaan, serta penilaian kriteria dan alternatif melalui perbandingan berpasangan oleh responden. Untuk wawancara, dilakukan dengan kepala departemen maintenance PT Fajar Putra Plasindo, Bapak Fatkhur. Sementara itu, observasi dilakukan secara langsung terhadap mesin DH2100, dan kuesioner digunakan untuk mengisi bobot nilai kriteria. Data sekunder diperoleh dari perusahaan dan laporan tertulis yang mencakup informasi perusahaan, data maintenance periode Januari 2019 hingga Januari 2020, komponen mesin, frekuensi kerusakan komponen mesin, perawatan komponen mesin, dan data tenaga kerja. Data tersebut digunakan untuk mengidentifikasi komponen yang berisiko mengalami kerusakan, menentukan prioritas perawatan menggunakan metode RBM, serta memahami strategi pemeliharaan mesin yang telah ada.

Pengolahan Data

Risk Based Maintenance

Risk Based Maintenance (RBM) adalah pendekatan yang terkait dengan manajemen pemeliharaan yang berfokus pada penilaian dan pengendalian risiko. Metode ini melibatkan evaluasi sistematis terhadap potensi risiko yang terkait dengan kegagalan peralatan, serta pengembangan strategi pemeliharaan berdasarkan risiko yang diidentifikasi. RBM melibatkan beberapa langkah, termasuk identifikasi kegagalan (J. C. Lopez and A. Kolios, 2022), penilaian kemungkinan (likelihood assessment) dan penilaian konsekuensi (consequence assessment) (A. J. Kolios and U. Smolka, 2020), evaluasi risiko, dan penerimaan risiko. Dengan membandingkan risiko yang terhitung dengan kriteria penerimaan risiko, dapat ditentukan apakah perlu dilakukan perencanaan pemeliharaan (maintenance planning). 1) Melakukan survei di perusahaan untuk mengidentifikasi masalah terkait perawatan mesin. 2) Mengumpulkan data, termasuk data historis kerusakan mesin DH2100 selama satu tahun, harga komponen, biaya material habis pakai, lost of revenue, dan biaya perawatan tenaga kerja. 3) Menentukan komponen kritis dari mesin DH2100 menggunakan metode FMEA. Selanjutnya, tiga komponen dengan nilai RPN tertinggi akan dianalisis menggunakan metode RBM. 4) Menganalisis data menggunakan metode RBM dengan menghitung estimasi risiko. 5) Melakukan evaluasi risiko dengan membandingkan nilai risiko dengan batas toleransi risiko yang telah ditentukan oleh perusahaan. Jika nilai risiko melebihi batas toleransi risiko, akan dilakukan pemilihan tindakan perawatan menggunakan metode FAHP.

Fuzzy Analytical Hierarchy Process

Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) adalah pengembangan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan menggunakan teori logika fuzzy. FAHP digunakan dengan cara serupa seperti AHP, namun FAHP menggunakan skala segitiga fuzzy (triangular fuzzy number) untuk mengakses prioritas. Untuk menggunakan FAHP, langkah pertama adalah

menetapkan skala AHP ke dalam skala segitiga fuzzy untuk mendapatkan prioritas. Setelah itu, metode FAHP dapat digunakan dengan cara yang serupa dengan AHP. Proses ini melibatkan pembuatan matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) untuk setiap kriteria dan sub kriteria, diikuti dengan perhitungan bobot dan konsistensi. Namun, karena menggunakan skala segitiga fuzzy, perhitungan bobot dan konsistensi memiliki sedikit perbedaan dengan AHP tradisional.

Perbedaan utama antara Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) terletak pada penggunaan logika fuzzy dalam FAHP. Dalam AHP, skala numerik digunakan untuk mengevaluasi perbandingan berpasangan antara kriteria dan subkriteria. Namun, dalam FAHP, skala segitiga fuzzy (triangular fuzzy number) digunakan sebagai penggantinya. Hal ini memungkinkan penangkapan ketidakpastian dan ketidakjelasan dalam penilaian subjektif yang dilakukan oleh pembuat keputusan. Dengan kata lain, FAHP memberikan fleksibilitas tambahan dalam menangani situasi di mana informasi tidak pasti atau tidak jelas. FAHP melibatkan beberapa langkah dalam pengerjaannya, antara lain:

- 1) Membuat struktur hierarki masalah yang terdiri dari 3 tingkat. Tingkat pertama merupakan focus dari masalah. Tingkat kedua mempresentasikan kriteria, dan tingkat ketiga merupakan alternatif .

Tabel 1 Fungsi Keanggotaan Skala TFN

Intensitas Kepentingan	Himpunan Linguistik	TFN			Skala Kepentingan	Invers Skala TFN		
		l	m	u		l	m	u
1	Sama penting	1	1	1	1	1	1	1
2	Sama atau sedikit lebih penting	1	2	3	1/2	1/3	1/2	1
3	Sedikit lebih penting	2	3	4	1/3	1/4	1/3	1/2
4	Sedikit atau lebih penting	3	4	5	1/4	1/5	1/4	1/3
5	Lebih penting	4	5	6	1/5	1/6	1/5	1/4
6	Jauh lebih penting	5	6	7	1/6	1/7	1/6	1/5
7	Sangat penting	6	7	8	1/7	1/8	1/7	1/6
8	Antara sangat penting dan mutlak sangat penting	7	8	9	1/8	1/9	1/8	1/7
9	Mutlak sangat penting	9	9	9	1/9	1/9	1/9	1/9

- 2) Skala data menggunakan fungsi keanggotaan skala TFN yang dijumpukan pada tabel 1. Selanjutnya membuat matrik perbandingan berpasangan \tilde{d}_{ij} , dimana menunjukkan preferensi pengambil keputusan terhadap kriteria i daripada kriteria j, dengan bilangan segitiga fuzzy.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{d}_{11} & \tilde{d}_{12} & \dots & \tilde{d}_{1j} \\ \tilde{d}_{21} & \dots & \dots & \tilde{d}_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{d}_{i1} & \tilde{d}_{i2} & \dots & \tilde{d}_{ij} \end{bmatrix} \quad (1)$$

- 3) Hitung rata-rata geometris dari nilai perbandingan fuzzy untuk setiap kriteria. Mean geometris fuzzy disediakan oleh persamaan di bawah ini:

$$\tilde{r}_i = \prod_{j=1}^n (\tilde{d}_{ij})^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

- 4) Hitung bobot fuzzy agregat dari setiap kriteria. Bobot fuzzy dievaluasi dalam persamaan sebagai berikut:

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i * (\sum_{j=1}^n \tilde{r}_j)^{-1} = (l_i, m_i, u_i) \quad (3)$$

- 5) Perhitungan de-fuzzified dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$M_i = \left(\frac{l_i + m_i + u_i}{3} \right) \tag{4}$$

- 6) Hitung bobot relatif dan rangking seluruh alternatif. Karena M_i adalah nomor non-fuzzy, maka perlu dinormalisasi. Perhitungan bobot relatif dan peringkat alternatif diberikan dalam persamaan sebagai berikut di mana $\sum_{i=1}^n N_i = 1$

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \tag{5}$$

Analisis Data

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap tindakan pemeliharaan menggunakan metode Risk Based Maintenance (RBM) dengan tujuan mengidentifikasi risiko yang terkait dengan peristiwa yang tidak diinginkan. Selanjutnya, berdasarkan hasil analisis RBM, disusun usulan strategi pemeliharaan untuk perusahaan dengan menggunakan metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) dalam proses pengambilan keputusan. Metode RBM digunakan untuk mengevaluasi risiko yang mungkin timbul dalam pemeliharaan. Kemudian, melalui metode FAHP, dilakukan pemilihan strategi pemeliharaan yang paling tepat berdasarkan keputusan yang diambil. Hasil dari analisis ini digunakan sebagai evaluasi perawatan, yang berguna untuk mengoptimalkan kinerja sistem pemeliharaan perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Komponen Kritis

Perhitungan Risk Priority Number

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) merupakan metode yang direkomendasikan oleh standar internasional seperti Automotive Industry Action Group (AIAG). Metode ini mempertimbangkan tiga parameter yang umumnya dievaluasi, yaitu severity (S), occurrence (O), dan detection (D), dengan masing-masing memiliki rentang penilaian skor dari 1 hingga 10. Selanjutnya, dilakukan perhitungan RPN (Risk Priority Number) yang diperoleh dari hasil diskusi dengan Manajer Teknik. Berdasarkan tabel di bawah ini, komponen-komponen kritis pada mesin DH2100 adalah Chiller, Crusher, dan Hydraulic motor.

Tabel 2 Hasil Perhitungan RPN

No	Komponen	RPN	Rank
1	Hopper Dryer	45	9
2	Hot Runner 1210	48	8
3	Mould 1210	54	6
4	Extruder	50	7
5	Injector	94	4
6	Handling for clamping	86	5
7	Hydraulic motor	130	3
8	Crusher	148	2
9	Chiller	160	1

Berdasarkan tabel 2, didapatkan komponen Chiller mendapatkan urutan pertama dengan nilai RPN 160, komponen Crusher urutan kedua dengan nilai RPN 148 dan komponen Hydraulic motor urutan ketiga dengan nilai RPN 130. Selanjutnya ketiga komponen tersebut akan dianalisa lebih lanjut menggunakan metode RBM.

Penentuan Distribusi Data TTF, TTR, dan DT

Dalam penelitian ini, dilakukan penentuan distribusi yang mewakili sebaran data dari Time To Failure (TTF), Time To Repair (TTR), dan Down Time (DT) pada komponen kritis menggunakan uji Anderson-Darling (AD) menggunakan perangkat lunak Minitab17. Uji AD dilakukan terhadap tiga jenis distribusi, yaitu normal, eksponensial, dan Weibull. Terdapat dua parameter yang akan menentukan distribusi yang dipilih, yaitu nilai AD dan P-Value. Nilai AD terkecil akan merepresentasikan sebaran data tersebut, sementara nilai P-Value digunakan untuk menerima atau menolak hipotesis, dengan H_0 ditolak jika $P\text{-Value} < \alpha$.

Tabel 3 Rekapitulasi Distribusi Data

Komponen	Data	Distribusi
Chiller	TTF	Weibull
	TTR	Weibull
	DT	Weibull
Crusher	TTF	Weibull
	TTR	Lognormal
	DT	Lognormal
Hydraulic motor	TTF	Weibull
	TTR	Lognormal
	DT	Lognormal

Penentuan Data MTF, MTTR, dan MDT

Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan Mean Time To Failure (MTTF), Mean Time To Repair (MTTR), dan Down Time (DT) berdasarkan distribusi yang terpilih untuk setiap komponen.

Tabel 4 Rekapitulasi Perhitungan MTTF Dan Parameternya

Komponen	Distribusi	Parameter		MTTF (jam)
		β	θ	
Chiller	Weibull	3.75	102.26	92.239
		5.43	85.09	
Crusher	Weibull	8.85	71.07	78.538
		71.07		
Hydraulic motor	Weibull	8.85	71.07	67.303
		71.07		

Tabel 5 Rekapitulasi Perhitungan MTTR Dan Parameternya

Komponen	Distribusi	Parameter		MTTR (jam)
		β	θ	
Chiller	Weibull	11.94	0.13	0.12
		0.152	0.295	
Crusher	Lognormal	0.141	0.108	0.16
		0.108		
Hydraulic motor	Lognormal	0.141	0.108	0.14
		0.108		

Tabel 6 Rekapitulasi Perhitungan MDT Dan Parameternya

Komponen	Distribusi	Parameter		MDT (jam)
		β	θ	
Chiller	Weibull	7.6	0.178	0.167
		0.178		
Crusher	Lognormal	tmed	0.22	0.24

Integrasi Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)

Komponen	Distribusi	Parameter		MDT (jam)
		s	0.421	
Hydraulic motor	Lognormal	tmed	0.156	0.156
		s	0.06	

Perhitungan Risk Based Maintenance (RBM)

Consequence Assessment

Penyusunan skenario kegagalan untuk subsistem kritis yang dipilih pada mesin DH2100 merupakan tahap awal dalam metode Risk Based Maintenance (RBM). Skenario kegagalan ini diperoleh melalui wawancara dengan Manajer Teknik dan data historis mengenai kerusakan pada subsistem.

Tabel 7 Normalisasi Konsekuensi

Komponen	Skenario Kegagalan	Normalisasi Konsekuensi
Chiller	Kompresor Chiller mengalami penurunan performa	6
	Water Cooler tidak dapat mencapai suhu kerja	6
Crusher	Part pada crusher retak atau pecah	9
	Pemasangan vertical shaft tidak pas sehingga mengalami vibrasi	8
Hydraulic motor	Bolt Hydraulic motor aus	7
	Piston pompa hidrolik macet	9

Risk Estimation

Perhitungan probabilitas kegagalan bertujuan untuk mengestimasi probabilitas terjadinya kejadian yang tidak diinginkan atau kerusakan pada suatu komponen atau sistem. Berikut adalah ketentuan dalam menghitung probabilitas kegagalan untuk setiap komponen kritis pada mesin DH2100 yang dipilih. Pada komponen kritis, nilai parameter distribusi data Time To Failure (TTF) yang telah diperoleh saat pengolahan data digunakan. Jika mesin tidak mendapatkan Preventive Maintenance, maka nilai t setara dengan MTTF. Nilai R(t) diperoleh menggunakan persamaan berikut: Distribusi Weibull: $R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}$. Probabilitas kegagalan dilambangkan dengan Q(t) dan dihitung menggunakan rumus $1 - R(t)$.

Tabel 8 Probability Of Failure

Komponen	Parameter distribusi		T (jam)	R(t)	Q(t)
	θ	β			
Chiller	102.26	3.75	92.24	0.51	0.49
Crusher	85.09	5.43	78.54	0.52	0.48
Hydraulic motor	71.07	8.85	67.31	0.54	0.46

Dalam penelitian ini, kegagalan yang terjadi pada mesin Milling hanya berdampak pada kerugian kinerja sistem (System Performance Loss, SPL). Perhitungan SPL melibatkan penjumlahan kerugian yang timbul, sedangkan perhitungan nilai risiko didapatkan dengan mengalikan SPL dengan probabilitas kegagalan, menggunakan persamaan berikut:

$$SPL = (\text{Loss of Revenue} \times DT) + \text{biaya material} + \text{harga komponen} \tag{6}$$

$$\text{Risk} = SPL \times Q(t) \tag{7}$$

Tabel 9 Consequence Of Failure

Komponen	Downtime (Hari)	MTTR (hari)	Loss of Revenue	Biaya material	Biaya komponen	SPL	Q(t)	Risk
Chiller	0.167	0.125	Rp300,000,000	Rp320,000	Rp1,350,000	Rp51,770,000	0.49	Rp25,367,300

Komponen	Downtime (Hari)	MTTR (hari)	Loss of Revenue	Biaya material	Biaya komponen	SPL	Q(t)	Risk
Crusher	0.24	0.159			Rp1,675,000	Rp73,995,000	0.48	Rp35,517,600
Hydraulic motor	0.156	0.142			Rp1,750,000	Rp48,870,000	0.46	Rp22,480,200
Total								Rp83,365,100

Risk Evaluation

Penentuan kriteria penerimaan dilakukan melalui diskusi dengan Manajer Teknik perusahaan. Hasil diskusi menyepakati bahwa kriteria penerimaan risiko perusahaan adalah sebesar 0,2% dari kapasitas produksi mesin. Kapasitas produksi mesin dihitung berdasarkan jumlah jam operasional dan tingkat produksi per jam. Dalam konteks ini, dilakukan perhitungan persentase risiko yang timbul selama periode 288 hari operasional.

Tabel 10 Risk Evaluation

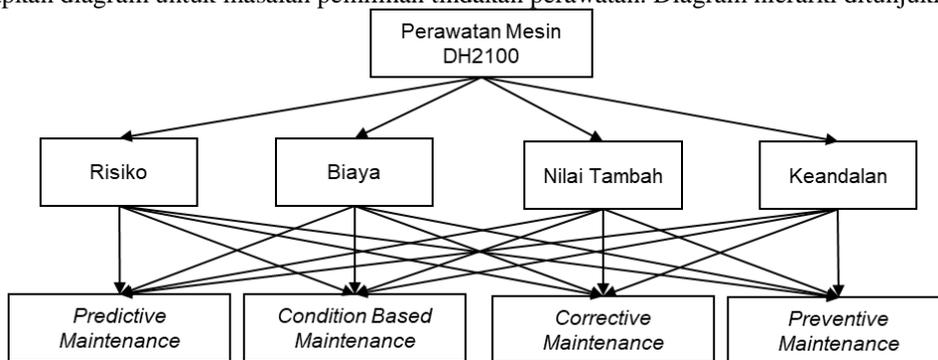
Periode 1 Tahun	Pendapatan/hari	Kapasitas produksi / tahun	Total risiko	Persentase Risiko	Batas toleransi risiko
288	Rp300,000,000	Rp86,400,000,000	Rp83,365,100	0.1%	0.05%

Dari tabel di atas, terlihat bahwa risiko yang timbul masih melebihi kriteria penerimaan risiko perusahaan sebesar 0,05%. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi yang lebih mendalam terhadap sistem pemeliharaan perusahaan. Selanjutnya akan dilakukan pemilihan tindakan perawatan yang tepat untuk mesin DH2100 menggunakan metode FAHP.

Perhitungan Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)

Metode FAHP digunakan dalam perusahaan untuk memilih perencanaan strategi pemeliharaan mesin DH2100 secara berkelanjutan dan memberikan referensi tambahan bagi perusahaan. Dalam perhitungan ini, terdapat empat jenis perawatan yang akan dibandingkan, yaitu predictive maintenance (PdM), conditional based maintenance (CBM), corrective maintenance (CM), dan preventive maintenance (PM). Selanjutnya, terdapat empat kriteria yang digunakan, yaitu Keandalan, Nilai tambah, Biaya, dan Risiko.

Langkah 1: Menyiapkan diagram untuk masalah pemilihan tindakan perawatan. Diagram hierarki ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram Hierarki untuk pemilihan Tindakan perawatan

Langkah 2: Skala data menggunakan fungsi keanggotaan skala TFN yang diunjukkan pada tabel 1. Selanjutnya membuat matrik perbandingan berpasangan yang menggunakan persamaan 1 hasilnya ditunjukkan pada tabel 11.

Tabel 11 Matriks Comparison Dari Kriteria

Kriteria	Risiko			Biaya			Nilai Tambah			Keandalan		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Risiko	1	1	1	1/7	1/6	1/5	5	6	7	1/5	1/4	1/3
Biaya	5	6	7	1	1	1	1/5	1/4	1/3	1	1	1
Nilai Tambah	1/7	1/6	1/5	3	4	5	1	1	1	4	5	6
Keandalan	3	4	5	1	1	1	1/6	1/5	1/4	1	1	1

Langkah 3: Menghitung rata-rata geometris dari nilai perbandingan fuzzy untuk setiap kriteria menggunakan persamaan 2. Hasil dari rata-rata geometris mean di tunjukkan pada tabel 12.

Tabel 12 Bobot Rata-Rata Fuzzy Dari Kriteria

Kriteria	\tilde{r}_i		
Risiko	0.036	0.063	0.117
Biaya	0.250	0.375	0.583
Nilai Tambah	0.429	0.833	1.500
Keandalan	0.125	0.200	0.313
Total	0.839	1.471	2.513
$(\sum_{j=1}^n \tilde{r}_j)^{-1}$	0.398	0.680	1.191

Langkah 4: Mengitung bobot fuzzy agregat dari setiap kriteria menggunakan persamaan 3 dan hasilnya ditunjukkan pada tabel 13.

Tabel 13 Bobot Rata-Rata Fuzzy Dari Kriteria

Kriteria	\tilde{w}_i		
Risiko	0.014	0.043	0.139
Biaya	0.099	0.255	0.695
Nilai Tambah	0.171	0.567	1.787
Keandalan	0.049	0.136	0.372

Langkah 5: Menghitung de-fuzzified dari setiap kriteria menggunakan persamaan 4. Selanjutnya hasil ditunjukkan pada tabel 14.

Langkah 6: Menghitung bobot relative dari maing-masing kriteria menggunakan persamaan 5 Selanjutnya hasil ditunjukkan pada tabel 14.

Tabel 14 Bobot Dan Bobot Relative Dari Kriteria

Kriteria	M_i	N_i
Risiko	0.065	0.045
Biaya	0.350	0.243
Nilai Tambah	0.841	0.583
Keandalan	0.186	0.129

Kemudian, dilakukan perhitungan bobot alternatif menggunakan metode yang sama. Langkah 2 hingga langkah 6 diulangi untuk menghitung bobot relatif alternatif dan merangking alternatif tersebut. Selanjutnya, dilakukan perhitungan bobot

akhir alternatif dengan menggunakan metode rata-rata aritmatika. Pada tabel 15, terlihat bobot akhir dan peringkat alternatif terkait dengan kriteria yang telah disebutkan.

Tabel 15 Bobot Akhir Dan Ranking Dari Alternatif

Weight	0.045	0.243	0.583	0.129	Total	Ranking
	Risiko	Biaya	Nilai Tambah	Keandalan		
CM	0.001	0.002	0.001	0.005	0.001	4
PM	0.984	0.053	0.005	0.063	0.068	3
CBM	0.011	0.945	0.99	0.001	0.807	1
PdM	0.004	0.001	0.005	0.931	0.123	2

Temuan penelitian mengungkapkan bahwa pemilihan tindakan perawatan yang tepat untuk mesin DH2100 adalah Condition Based Maintenance. Selain itu, dalam kriteria yang memiliki bobot tertinggi atau dianggap paling penting, terdapat nilai tambah.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa integrasi Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) dalam pemilihan kebijakan Risk Based Maintenance (RBM) pada Mesin DH2100 di PT Fajar Putra Plasindo dapat meningkatkan efektivitas strategi perawatan.

1. Hasil perhitungan FMEA menunjukkan bahwa dari total 9 komponen pada mesin DH2100, terdapat 3 komponen yang dianggap kritis, yaitu Chiller, Crusher, dan Hydraulic motor.
2. Berdasarkan analisis risiko, ditemukan bahwa perusahaan akan menghadapi biaya risiko sebesar Rp83,365,100 jika terjadi kegagalan pada mesin DH2100. Evaluasi risiko menunjukkan bahwa risiko tersebut melebihi standar perusahaan, sehingga diperlukan perencanaan pemeliharaan pada komponen kritis.
3. Penelitian ini merekomendasikan penerapan perawatan berbasis kondisi (Condition Based Maintenance) pada mesin DH2100.
4. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan interval waktu perawatan yang optimal untuk komponen kritis pada mesin DH2100.

DAFTAR RUJUKAN

- T. P. Carvalho, F. A. A. M. N. Soares, R. Vita, R. da P. Francisco, J. P. Basto, and S. G. S. Alcalá, "A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance," *Comput Ind Eng*, vol. 137, 2019, doi: 10.1016/j.cie.2019.106024.
- M. Nasution, A. Bakhori, and W. Novarika, "Manfaat Perlunya Manajemen Perawatan Untuk Bengkel Maupun Industri," *Buletin Utama Teknik*, vol. 16, No. 3, 2021.
- A. S. Wulandari and Erdi, "PENGARUH PEMELIHARAAN MESIN DAN TATA LETAK TERHADAP KELANCARAN PROSES PRODUKSI KOMPONEN ELEKTRIK PT. SHINHEUNG INDONESIA," in *SEMANIS: Seminar Manajemen Bisnis*, 2023, pp. 5–8.
- I. F. H. Lewohokol, Subianto, and M. Askiyanto, "Analisis Peningkatan Mutu Pemeliharaan Mesin Dan Bahan Baku Terhadap Kelancaran Proses Produksi Di UMKM Tohu Srijaya Kota Batu," Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Malang, 2020. Accessed: Jun. 02, 2022. [Online]. Available: <http://rinjani.unitri.ac.id/handle/071061/403>
- F. Amir, J. Alhilman, and A. Pamoso, "Estimasi Risiko Kegagalan Dan Usulan Kebijakan Paper Pada Mesin Huron Di PT. XYZ Menggunakan Metode Risk Based Maintenance (RBM)," in *eProceedings of Engineering*, 2021.
- V. R. P. Lubis, "ANALISIS KEKRITISAN ASET UNIT PRODUKSI ALF3 UNTUK PERBAIKAN KEBIJAKAN PEMELIHARAAN DAN MEMINIMASI RISIKO KEGAGALAN MENGGUNAKAN RISK BASED MAINTENANCE (Studi kasus di PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur)," Doctoral Dissertation, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Yogyakarta, 2022.

- F. Ramdan and G. H. N. N. Rahayu, "Analisis Risiko Kerusakan Material Pipa Penyangga Jembatan Jalur Pengeboran Minyak dengan Metode Risk Based Maintenance," *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, vol. 9, no. 1, pp. 86–94, Jun. 2023, doi: 10.30656/intech.v9i1.6098.
- A. Maharani, I. Wahyuli, S. Supriyadi, A. Nalhadi, and F. Fathurohman, "Analisa Biaya Perawatan Sistem Pneumatic dengan Menggunakan Metode Risk Based Maintenance dan Cost of Unreliability," *Jurnal Inovasi dan Kreativitas (JIKA)*, vol. 2, no. 1, 2022, doi: 10.30656/jika.v2i1.4722.
- R. A. J. Putra, "SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENGUKURAN PERFORMANSI KEGIATAN BELAJAR MAHASISWA SEMASA PANDEMI COVID-19," Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2021.
- D. Anggoro and N. Nawindah, "PERBANDINGAN FUZZY AHP-SAW DENGAN FUZZY AHP-VIKOR UNTUK MENINGKATKAN DAYA SERAP POLITEKNIK TERHADAP INDUSTRI," *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, vol. 6, no. 1, 2019, doi: 10.33197/jitter.vol6.iss1.2019.204.
- S. A. Ali and A. Ahmad, "Suitability analysis for municipal landfill site selection using fuzzy analytic hierarchy process and geospatial technique," *Environ Earth Sci*, vol. 79, no. 10, 2020, doi: 10.1007/s12665-020-08970-z.
- K. Jilcha Sileyew, "Research Design and Methodology," in *Cyberspace*, 2020. doi: 10.5772/intechopen.85731.
- J. C. Lopez and A. Kolios, "Risk-based maintenance strategy selection for wind turbine composite blades," *Energy Reports*, vol. 8, 2022, doi: 10.1016/j.egy.2022.04.027.
- A. J. Kolios and U. Smolka, "Risk-based maintenance strategies for offshore wind energy assets," in *Proceedings - Annual Reliability and Maintainability Symposium*, 2020. doi: 10.1109/RAMS48030.2020.9153642.