

Implementasi Metode *Certainty Factor* dalam Sistem Pakar untuk Deteksi Kerusakan Mesin *Vibration Continuous Monitoring*

Amrullah¹, Akbar Idaman², Mui Sunjaya³, Feby Aurlani⁴

¹Sistem Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

^{2,4}Informatika, Universitas Satya Terra Bhinneka, Medan, Indonesia

³Manajemen Informatika, STMIK Triguna Dharma, Medan, Indonesia

Email: ^{1,*}amrullah@umsu.ac.id, ²akbaridaman@satyaterabhinneka.ac.id, ³muitsunjaya04@gmail.com,

⁴febyaurlani@satyaterabhinneka.ac.id

Email Penulis Korespondensi: amrullah@umsu.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar berbasis metode *Certainty Factor* dalam mendeteksi kerusakan pada mesin *Vibration Continuous Monitoring*. Mesin ini digunakan untuk memantau getaran pada mesin industri, yang jika tidak terdeteksi dapat menyebabkan kerusakan lebih parah dan mengurangi efisiensi operasional. Metode *Certainty Factor* digunakan untuk mengukur tingkat kepastian dalam diagnosis kerusakan berdasarkan gejala yang terdeteksi. Penelitian ini melibatkan pengumpulan data melalui observasi, wawancara dengan ahli, dan studi literatur untuk membangun basis aturan dan menghitung nilai CF untuk setiap gejala. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pakar ini mampu mendeteksi kerusakan dengan tingkat kepastian yang tinggi, dengan beberapa jenis kerusakan memiliki nilai CF di atas 90%. Dengan menggunakan sistem ini, proses diagnosis kerusakan dapat dilakukan lebih cepat dan akurat, mengurangi ketergantungan pada kehadiran teknisi ahli dan mengoptimalkan pemeliharaan mesin. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam penerapan kecerdasan buatan di bidang pemeliharaan mesin industri, yang dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya operasional.

Kata Kunci: Sistem Pakar, *Certainty Factor*, Deteksi Kerusakan, *Mesin Vibration Continuous Monitoring*, Kecerdasan Buatan

Abstract

This research aims to develop an expert system based on the *Certainty Factor* method for detecting damage in *Vibration Continuous Monitoring* machines. These machines are used to monitor vibrations in industrial machinery, which, if undetected, can lead to more severe damage and decreased operational efficiency. The *Certainty Factor* method is used to measure the level of certainty in diagnosing damage based on the symptoms detected. This study involves data collection through observation, interviews with experts, and literature review to build a rule base and calculate the CF values for each symptom. The results show that the expert system is able to detect damage with a high level of certainty, with several types of damage having CF values above 90%. By using this system, the damage diagnosis process can be carried out more quickly and accurately, reducing dependence on the presence of expert technicians and optimizing machine maintenance. This research provides a significant contribution to the application of artificial intelligence in industrial machine maintenance, which can improve efficiency and reduce operational costs.

Keywords: Expert System, *Certainty Factor*, Damage Detection, *Vibration Continuous Monitoring Machine*, Artificial Intelligence

1. PENDAHULUAN

Sistem pakar merupakan cabang dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) yang bertujuan untuk meniru kemampuan berpikir dan pengambilan keputusan dari seorang ahli dalam menyelesaikan masalah yang kompleks [1], [2], [3]. Dalam penerapannya, sistem pakar dapat digunakan untuk memberikan solusi atas masalah yang biasanya memerlukan keahlian khusus. Salah satu jenis masalah yang dapat diatasi dengan sistem pakar adalah deteksi dan diagnosis kerusakan pada mesin industri, seperti mesin *Vibration Continuous Monitoring*.

Mesin *Vibration Continuous Monitoring* merupakan perangkat penting yang digunakan untuk memantau getaran pada mesin industri [4]-[6]. Alat ini berfungsi untuk mendeteksi getaran yang tidak normal, yang dapat menjadi indikasi awal adanya kerusakan pada mesin. Deteksi dini terhadap kerusakan pada mesin sangat penting karena dapat mencegah kerusakan yang lebih parah, mengurangi *downtime*, dan meningkatkan efisiensi operasional. Namun, proses diagnosis kerusakan pada mesin tersebut seringkali memerlukan keahlian teknis yang tinggi dan waktu yang tidak efisien.

Dalam konteks ini, *Certainty Factor* (CF) sebagai metode dalam sistem pakar, memiliki potensi besar untuk menangani masalah ketidakpastian dalam diagnosis [7], [8]. *Certainty Factor* adalah suatu pendekatan yang digunakan untuk mengukur tingkat kepastian dari sebuah diagnosis berdasarkan gejala yang ditemukan [9], [10]. Dengan menggunakan CF, sistem dapat memberikan rekomendasi atau diagnosa dengan tingkat kepastian yang dapat dihitung, sehingga mempermudah pengambilan keputusan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem pakar yang dapat mendeteksi kerusakan pada mesin *Vibration Continuous Monitoring* dengan menggunakan metode *Certainty Factor*. Sistem pakar ini diharapkan dapat membantu pihak yang bertanggung jawab terhadap mesin, seperti teknisi atau operator, dalam mendeteksi kerusakan dengan lebih cepat dan akurat, tanpa harus menunggu kehadiran seorang ahli.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk: (1) Mengembangkan sebuah sistem pakar berbasis metode *Certainty Factor* yang dapat mendiagnosis kerusakan pada mesin *Vibration Continuous Monitoring*, (2) Menyediakan solusi yang lebih efisien dan akurat untuk deteksi kerusakan mesin tanpa perlu memanggil teknisi ahli setiap kali kerusakan terdeteksi, (3) Meningkatkan efektivitas dan efisiensi operasional dalam pengelolaan mesin *Vibration Continuous Monitoring*, sehingga dapat mengurangi *downtime* dan potensi kerugian yang disebabkan oleh kerusakan yang tidak terdeteksi dengan cepat.

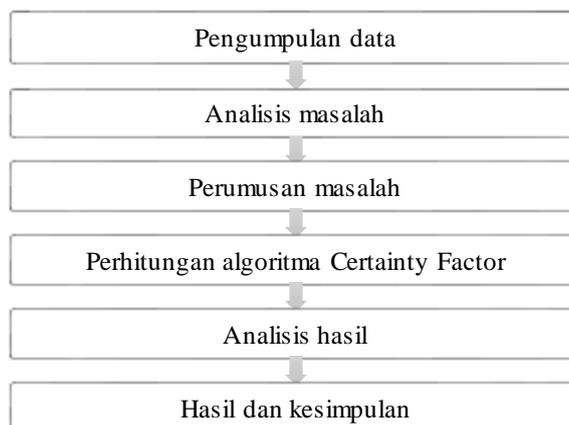
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yang melibatkan pengumpulan data dari berbagai sumber, seperti observasi terhadap kondisi mesin, wawancara dengan ahli, serta studi literatur terkait. Data yang dikumpulkan akan dianalisis menggunakan metode *Certainty Factor* untuk mengukur tingkat kepastian diagnosis kerusakan yang terjadi. Dengan adanya sistem pakar ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan pemeliharaan mesin dan mempercepat proses perbaikan dengan memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Karena penelitian ini menggunakan konsep pendekatan eksperimental. Gambar 1 di bawah ini menjelaskan bagaimana cara melakukan penelitian ini. Hal pertama yang dilakukan dimulai dari tahap pengumpulan data, analisa masalah, perumusan masalah, metode perhitungan algoritma *Certainty Factor* dengan hasil analisa yang kemudian menghasilkan kesimpulan akurasi diagnosa Kerusakan.

Dibawah ini dapat dilihat pada Gambar 1 tahapan dalam penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.2 Teknik Pengumpulan Data (*Data Collecting*)

Adapun beberapa teknik yang dipakai dalam pengumpulan data penelitian yaitu :

a. Observasi

Observasi merupakan teknik pengumpulan data dengan cara melakukan pengamatan secara langsung pada Pakar Kerusakan yang akan di analisis untuk mendapatkan tingkat akurasi. Dalam melakukan observasi, terdapat masalah yang berkaitan dalam mendiagnosa Kerusakan, sehingga diperoleh hasil analisa.

b. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mendapatkan informasi tambahan dari pihak-pihak yang memiliki wewenang serta melakukan tanya jawab secara langsung dengan narasumber yang terkait dengan Kerusakan. Metode wawancara atau tanya jawab langsung dengan Pakar dalam terkait Kerusakan untuk mengumpulkan data yang akan digunakan untuk menyusun penelitian ini.

c. Studi of Literatur

Studi Literatur dilakukan dengan cara mempelajari dan meneliti berbagai macam informasi yang didapatkan dari 15 jurnal ilmiah atau buku sebagai sumber referensi , situs-situs internet, serta bacaan-bacaan yang berkaitan dengan topik penelitian.

2.3 *Certainty Factor*

Faktor Kepastian (*Certainty Factor*) adalah metode untuk mengelola ketidak pastian dalam system berbasis aturan. Shortliffe dan Buchanan (1975) mengembangkan model CF di pertengahan 1970-an untuk MYCIN, sebuah sistem pakar untuk diagnosis dan pengobatan meningitis dan infeksi darah [11]-[15]. Sejak itu, model CF telah menjadi pendekatan

standar untuk manajemen ketidak pastian dalam sistem berbasis aturan. *Certainty Factor* didefinisikan sebagai persamaan berikut :

$$CF(H,E) = MB(H,E) - MD(H,E)$$

$CF(H,E)$: *Certainty Factor* dari hipotesis H yang dipengaruhi oleh gejala E. Besarnya CF berkisar antara -1 sampai 1. Nilai -1 menunjukkan ketidakpercayaan mutlak sedangkan nilai 1 menunjukkan kepercayaan mutlak.

$MB(H,E)$: Ukuran kenaikan kepercayaan (measure of increased belief) terhadap hipotesis H yang dipengaruhi oleh gejala E.

$MD(H,E)$: Ukuran kenaikan ketidakpercayaan terhadap hipotesis H yang dipengaruhi oleh gejala E.

Certainty Factor untuk kaidah dengan kesimpulan yang serupa (*similarly concluded rules*) :

$$CF_{combine} CF[H,E]_{1,2} = CF[H,E]_1 + CF[H,E]_2 * (1 - CF[H,E]_1)$$

Jika nilai CF yang akan dihitung lebih dari dua didefinisikan dengan persamaan berikut :

$$CF_{combine} CF[H,E]_{old,3} = CF[H,E]_{old} + CF[H,E]_3 * (1 - CF[H,E]_{old})$$

2.4 Analisis Masalah

Analisis masalah pada penelitian ini dilakukan dengan menerapkan *Certainty Factor* untuk analisis akurasi diagnosa Kerusakan. Data sampel yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari jenis kerusakan dan gejala tertentu yang berperan penting dalam proses analisis akurasi diagnosa kerusakan. Sumber pengetahuan dari seorang pakar menjadi dasar acuan dalam menarik kesimpulan, sehingga *knowledge* (pengetahuan) yang dimiliki oleh seorang pakar sangat menentukan proses perhitungan dan hasil dari mendiagnosa kerusakan. Data yang diperoleh dari penelitian ini bersumber dari pakar ahli pada Kerusakan Mesin *Vibration Continuous Monitoring* .

Adapun langkah-langkah proses penyelesaian masalah dalam analisis diagnosa ini yaitu :

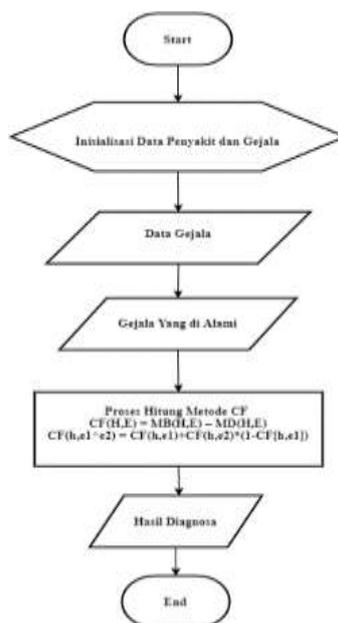


Gambar 2. Alur analisis masalah diagnosa

2.5 Algoritma

Algoritma merupakan penyelesaian permasalahan. Dalam penelitian ini algoritma yang diterapkan di terapkan dalam mendiagnosa pada Kerusakan berdasarkan gejala-gejala yang dialami.

Flowchart adalah sekumpulan simbol-simbol yang menggambarkan rangkaian kegiatan program dari awal sampai akhir. Pembuatan Flowchart adalah penggambaran urutan langkah-langkah pengerjaan dari suatu algoritma. Berikut ini gambaran rancangan Flowchart metode *Certainty Factor* dalam menganalisa akurasi Kerusakan.



Gambar 3. Flowchart metode *Certainty Factor*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Menentukan Data Pada Jenis Kerusakan

Data pada Jenis Kerusakan yang diperoleh dari pakar atau ahli dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Jenis Kerusakan

No	Nama Kerusakan	Kode Kerusakan	Solusi
1	<i>Bearing Defect</i>	K1	Siram defektor dengan cairan P804, lalu perbaiki posisi defektor
2	<i>Mechanical Looseness</i>	K2	Ganti <i>Proximator Seismic</i> , sambungkan kabel (merah, kuning, hitam) ke softfoot.
3	<i>Gain Failed</i>	K3	Perbaiki jalur <i>tracking filter</i> dan siramkan cairan P804
4	<i>Keyphasor Failed</i>	K4	Pastikan <i>Waveform</i> yang ada pada <i>plot steady</i> sudah dalam keadaan <i>shutdown</i> , lalu ganti <i>Waveform</i> dan perbaiki slotnya.

3.2 Menentukan Gejala

Data-data gejala yang didapat pada Kerusakan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Gejala Kerusakan

No	Kode Gejala	Nama Gejala
1	G1	Terjadi random <i>vibration</i> pada frekuensi tinggi
2	G2	Panas berlebih pada area bantalan
3	G3	Getaran kearah rasial
4	G4	<i>Proximity error run</i>
5	G5	Puncak rpm tidak stabil (>2x rpm)
6	G6	Terdapat <i>sideband</i> pada domain waktu
7	G7	Beda fasa >75°
8	G8	<i>Constant Bandwidth</i> < 120 kHz
9	G9	<i>Spectral Resolution</i> tidak menampilkan line yang berjalan

3.3 Menentukan Rule Base Knowledge

Dari tabel gejala diatas, maka dapat disimpulkan *Rule* sebagai berikut :

Tabel 3. Basis Aturan Kerusakan

No	Kode Gejala	Nama Gejala	Kode			
			K1	K2	K3	K4
1	G1	Terjadi random <i>vibration</i> pada frekuensi tinggi	✓			✓
2	G2	Panas berlebih pada area bantalan	✓	✓		✓
3	G3	Getaran kearah rasial	✓	✓		
4	G4	<i>Proximity error run</i>		✓		
5	G5	Puncak rpm tidak stabil (>2x rpm)			✓	
6	G6	Terdapat <i>sideband</i> pada domain waktu			✓	
7	G7	Beda fasa >75°			✓	
8	G8	<i>Constant Bandwidth</i> < 120 kHz			✓	
9	G9	<i>Spectral Resolution</i> tidak menampilkan line yang berjalan				✓

- Rule 1* : IF terjadi random *vibration* pada frekuensi tinggi AND panas berlebih pada area bantalan AND getaran kearah rasial THEN Bearing Defect.
- Rule 2* : IF panas berlebih pada area bantalan AND getaran kearah rasial AND proximity error run THEN Mechanical Looseness.
- Rule 3* : IF terjadi puncak rpm tidak stabil (2x rpm) AND terdapat slideband pada domain waktu AND Beda frasa 75° AND constant bandwidth <120 kHz THEN Gain Failed.

Rule 4 : IF terjadi random vibration pada frekuensi tinggi AND panas berlebih pada area bantalan AND spectral resolution tidak menampilkan line yang berjalan THEN Keyphasor Failed.

3.4 Menentukan Nilai CF Pada Setiap Gejala

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan terhadap narasumber berikut nilai CF, nilai MD dan MB pada masing-masing gejala tiap, yaitu:

Tabel 4. Nilai CF Pada Tiap Gejala

Kode Kerusakan	Nama Kerusakan	Kode Gejala	Nama Gejala Kerusakan	MB	MD	CF
K1	<i>Bearing Defect</i>	G1	Terjadi <i>random vibration</i> pada frekuensi tinggi	0.8	0.1	0.7
		G2	Panas berlebih pada area bantalan	0.8	0.2	0.6
		G3	Getaran kearah rasial	0.9	0.2	0.7
K2	<i>Mechanical Looseness</i>	G2	Panas berlebih pada area bantalan	0.8	0.2	0.6
		G3	Getaran kearah rasial	0.8	0.2	0.6
		G4	<i>Proximity error run</i>	0.8	0.1	0.7
K3	<i>Gain Failed</i>	G5	Puncak rpm tidak stabil (2x rpm)	0.9	0.1	0.8
		G6	Terdapat <i>slideband</i> pada domain waktu	0.7	0.1	0.6
		G7	Beda frasa 75°	0.6	0.1	0.5
		G8	<i>Constant Bandwidth</i> <120 kHz	0.6	0.1	0.5
K4	<i>Keyphasor Failed</i>	G1	Terjadi <i>random vibration</i> pada frekuensi tinggi	0.8	0.2	0.6
		G2	Panas berlebih pada area bantalan	0.8	0.2	0.6
		G9	<i>Spectral Resolution</i> tidak menampilkan line yang berjalan	0.8	0.2	0.6

3.5 Perhitungan Metode Certainty Factor

Berikut ini merupakan perhitungan manual dari metode *Certainty Factor* Untuk mengetahui jenis kerusakan beserta gejalanya. Rumus yang digunakan dalam menyelesaikan kasus Kerusakan untuk menentukan nilai *Certainty Factor* :

$$CF(H,E) = MB(H,E) - MD(H,E)$$

$$CF(h,e1^e2) = CF(h,e1) + CF(h,e2) * (1 - CF[h,e1])$$

Keterangan :

CF (H,E) : *Certainty Factor* dari hipotesa H yang dipengaruhi oleh gejala (*evidence*) E.

MB (H,E) : Ukuran kenaikan kepercayaan terhadap hipotesa H yang dipengaruhi oleh gejala E.

MD (H,E) : Ukuran kenaikan ketidakpercayaan terhadap hipotesa H yang dipengaruhi oleh gejala E.

Maka perhitungan *Certainty Factor*nya pada setiap *rule* adalah sebagai berikut:

$$CF(h,e1^e2) = CF(h,e1) + CF(h,e2) * (1 - CF[h,e1])$$

$$= 0.7 + 0.6 * (1 - 0.7)$$

$$= 0.88$$

$$CF(h,e2^e3) = CF(h,e2) + CF(h,e3) * (1 - CF[h,e2])$$

$$= 0.88 + 0.7 * (1 - 0.88)$$

$$= 0.964$$

Jadi total perhitungan nilai CF pada K1 adalah 0.964 atau 96.4% nilai kemungkinan.

Perhitungan *Rule* K2

$$CF(h,e2^e3) = CF(h,e2) + CF(h,e3) * (1 - CF[h,e2])$$

$$= 0.6 + 0.6 * (1 - 0.6)$$

$$= 0.84$$

$$CF(h,e3^e4) = CF(h,e3) + CF(h,e4) * (1 - CF[h,e3])$$

$$= 0.84 + 0.7 * (1 - 0.84)$$

$$= 0.952$$

Jadi total perhitungan nilai CF pada K2 adalah 0.952 atau 95.2% nilai kemungkinan.

Perhitungan *Rule K3*

$$\begin{aligned} \text{CF (h,e5}^{\wedge}\text{e6)} &= \text{CF(h,e5)+CF(h,e6)*(1-CF[h,e5])} \\ &= 0.8+ 0.6*(1-0.8) \\ &= 0.92 \\ \text{CF (h,e6}^{\wedge}\text{e7)} &= \text{CF(h,6)+CF(h,e7)*(1-CF[h,e6])} \\ &= 0.92 + 0.5*(1-0.92) \\ &= 0.96 \\ \text{CF (h,e7}^{\wedge}\text{e8)} &= \text{CF(h,7)+CF(h,e8)*(1-CF[h,e7])} \\ &= 0.96 + 0.5*(1-0.96) \\ &= 0.98 \end{aligned}$$

Jadi total perhitungan nilai CF pada K3 adalah 0.98 atau 98% nilai kemungkinan.

Perhitungan *Rule K4*

$$\begin{aligned} \text{CF (h,e1}^{\wedge}\text{e2)} &= \text{CF(h,e1)+CF(h,e2)*(1-CF[h,e1])} \\ &= 0.6+ 0.6*(1-0.6) \\ &= 0.84 \\ \text{CF (h,e2}^{\wedge}\text{e9)} &= \text{CF(h,e2)+CF(h,e9)*(1-CF[h,e2])} \\ &= 0.84 + 0.6*(1-0.6) \\ &= 0.936 \end{aligned}$$

Jadi total perhitungan nilai CF pada K4 adalah 0.936 atau 93.6% nilai kemungkinan.

3.6 Hasil Perhitungan Dan Deteksi

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode *Certainty Factor* (CF), dapat diperoleh nilai CF yang menggambarkan tingkat kepastian dalam mendiagnosis kerusakan pada mesin *Vibration Continuous Monitoring*. Proses perhitungan dilakukan dengan menggabungkan nilai MB (*Measure of Belief*) dan MD (*Measure of Doubt*) untuk setiap gejala yang ditemukan. Nilai CF yang dihitung kemudian digunakan untuk menentukan kemungkinan kerusakan yang terjadi pada mesin.

Sebagai contoh, pada Kerusakan K1 (*Bearing Defect*), perhitungan dimulai dengan menghitung nilai CF untuk setiap gejala yang terdeteksi. Nilai CF untuk gejala pertama (G1: Terjadi *random vibration* pada frekuensi tinggi) adalah 0.7, diikuti dengan gejala (G2: Panas berlebih pada area bantalan) dengan nilai CF sebesar 0.6. Setelah dilakukan penggabungan antara gejala-gejala tersebut, total nilai CF untuk Kerusakan K1 mencapai 0.964, yang berarti tingkat kepastian diagnosis mencapai 96.4%. Hal ini menunjukkan bahwa kemungkinan kerusakan pada komponen bearing sangat tinggi, berdasarkan gejala yang terdeteksi.

Pada Kerusakan K2 (*Mechanical Looseness*), perhitungan CF menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya kerusakan pada mesin ini adalah 95.2%. Nilai CF ini diperoleh dengan menggabungkan nilai CF dari beberapa gejala seperti panas berlebih pada area bantalan dan getaran kearah rasial, yang masing-masing memiliki tingkat kepastian yang cukup tinggi. Begitu juga dengan Kerusakan K3 (*Gain Failed*) dan Kerusakan K4 (*Keyphasor Failed*), yang masing-masing menghasilkan nilai CF sebesar 98% dan 93.6%, menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi kerusakan dengan tingkat keakuratan yang sangat tinggi.

Secara keseluruhan, hasil perhitungan *Certainty Factor* menunjukkan bahwa sistem pakar ini mampu memberikan diagnosis dengan tingkat kepercayaan yang tinggi. Dengan adanya sistem ini, diagnosis kerusakan pada mesin *Vibration Continuous Monitoring* dapat dilakukan dengan lebih cepat, efisien, dan akurat, tanpa bergantung pada kehadiran teknisi atau ahli setiap kali terjadi kerusakan. Hasil ini menunjukkan bahwa metode *Certainty Factor* sangat efektif dalam meningkatkan proses deteksi dan diagnosis kerusakan mesin industri, yang pada gilirannya dapat membantu mengurangi downtime dan meningkatkan kinerja mesin.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *Certainty Factor* dalam sistem pakar untuk deteksi kerusakan pada mesin *Vibration Continuous Monitoring* terbukti efektif dan dapat diandalkan. Sistem ini berhasil memberikan diagnosis dengan tingkat kepastian yang tinggi, dengan nilai *Certainty Factor* (CF) yang menunjukkan tingkat akurasi lebih dari 90% pada beberapa jenis kerusakan, seperti *Bearing Defect* dan *Mechanical Looseness*. Penggunaan metode ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada teknisi ahli, tetapi juga mempercepat proses deteksi dan perbaikan mesin, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi downtime mesin. Dengan demikian, sistem pakar berbasis *Certainty Factor* ini dapat menjadi solusi yang sangat bermanfaat dalam meningkatkan pemeliharaan mesin industri, serta memberikan kontribusi pada penghematan biaya dan waktu dalam sektor industri, sekaligus membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dengan menambahkan gejala-gejala baru dan pengujian pada jenis mesin lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Universitas Satya Terra Bhinneka, dan STMIK Triguna Dharma yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. S. Saragih, I. chayatun Nufus, and S. Samsir, "Diabetes Diagnosis Expert System Based on Family History Analytic Hierarchy Process (AHP) Method," *CSRID (Computer Science Research and Its Development Journal)*, vol. 17, no. 2, pp. 229–242, Jun. 2025, doi: 10.22303/csrid-.17.2.2025.229-242.
- [2] X. Yang and C. Zhu, "Industrial Expert Systems Review: A Comprehensive Analysis of Typical Applications," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 88558–88584, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3419047.
- [3] Jai Chaudhary, Nishant Parmar, and Dr. Ashima Mehta, "Artificial Intelligence and Expert Systems," *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, pp. 535–546, Mar. 2024, doi: 10.48175/IJARST-15988.
- [4] D. Jovanović, M. Mančić, M. Medenica, M. Raos, and M. Popović, "Vibrations Measurements In Industrial Plants And Their Influence On Machines," *Facta Universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection*, p. 417, Jan. 2025, doi: 10.22190/FUWLEP240910040J.
- [5] I. U. Hassan, K. Panduru, and J. Walsh, "An In-Depth Study of Vibration Sensors for Condition Monitoring," *Sensors*, vol. 24, no. 3, p. 740, Jan. 2024, doi: 10.3390/s24030740.
- [6] T. Chu, T. Nguyen, H. Yoo, and J. Wang, "A review of vibration analysis and its applications," *Heliyon*, vol. 10, no. 5, p. e26282, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26282.
- [7] A. Idaman, A. Restu Selvanda, R. Agustini, and V. Rolanda, "Implementasi Certainty Factor Untuk Analisis Akurasi Diagnosa Penyakit Diabetes Tipe 2," *Jurnal SAINTIKOM (Jurnal Sains Manajemen Informatika dan Komputer)*, 2024, [Online]. Available: <https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jis/index>
- [8] I. K. B. D. Artha, I. K. A. A. Kusuma, P. G. D. Witjaksana, D. G. B. Pramudya, I. G. D. D. Puridiasta, and A. A. J. Permana, "Development of Expert System for Diagnosing Pests and Diseases in Strawberry Plants Using the Certainty Factor," *International Journal of Education, Management, and Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 139–152, Jan. 2025, doi: 10.58578/ijemt.v3i1.4579.
- [9] I. Hasan, P. Widhiani, S. Sokid, and T. Achyar, "Expert System For Diagnosing Digestive Diseases In Humans Using Web-Based Analytical Hierarchy Process And Certainty Factor Methods," *Inti Talafa*, vol. 17, no. 1, pp. 87–97, Apr. 2025, doi: 10.32534/int.v17i1.7160.
- [10] Y. Desnelita, M. Cesar, G. Gustientiedina, A. Hajjah, and R. N. Putri, "Implementation of Certainty Factor Method in Mental Health Diagnosis Expert System in Adolescents Aged 18 – 24 Years," *Journal of Applied Business and Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 42–51, Jan. 2025, doi: 10.35145/jabt.v6i1.195.
- [11] D. W. Dede Widiyanto and A. Sidiq Purnomo, "Diagnosa Penyakit Hepatitis pada RSUD Bunut Menggunakan Sistem Pakar dengan Metode Certainty Factor," *JEKIN - Jurnal Teknik Informatika*, vol. 4, no. 3, pp. 650–662, Aug. 2024, doi: 10.58794/jekin.v4i3.893.
- [12] M. D. Pratama, L. Affandi, B. Satya, and D. Nugraha, "JIP (Jurnal Informatika Polinema) Analisis Kinerja Sistem Pakar Diagnosis Coronavirus Disease Menggunakan Metode Certainty Factor".
- [13] M. Tarigan, K. Erwanyah, S. Yakub, S. Informasi, and S. Triguna Dharma, "Sistem Pakar Mendiagnosis Ansietas Dengan Metode Certainty Factor," vol. 3, no. 6, pp. 1084–1094, 2024, [Online]. Available: <https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jsi>
- [14] D. Anggreani *et al.*, "Implementasi Metode Certainty Factor (Cf) Pada Aplikasi Sehat Organik Dalam Mendiagnosis Penyakit," 2024.
- [15] E. Redy Susanto and A. Wantoro, "Diagnosa Penyakit Jantung Menggunakan Metode Certainty Factor," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak (JATIKA)*, vol. 3, no. 1, pp. 93–106, 2022, [Online]. Available: <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/informatika>