JDSP
Jurnal Data Science Penusa

Sistem Pakar Identifikasi Kerusakan Mesin Tanshi Tsuke Dengan Menggunakan Metode Certainty Factor

Abil Yusuf Syairi[1)*], Penda Sudarto Hasugian,, S.Kom.,M.Kom[2)]
[1,]STMIK PELITA NUSANTARA
[1,,] abilyusufs809@gmail.com , [2] penda.hasugian@gmail.com

Received: 2 Oktober 2025 Accepted: 10 Februari 2025 Published: 22 Februari 2025
Pg. 101-107

OPEN ACCESS

***Penulis Koresponden**
Kata Kunci: Pakar ,Kerusakan, Mesin
JDSP: Jurnal Data Science Penusa is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Abstrak : Sistem pakar untuk diagnosis kerusakan mesin dirancang untuk mengidentifikasi dan menganalisis berbagai jenis kerusakan yang dapat terjadi pada mesin industri. Sistem ini menggunakan pengetahuan yang telah dikumpulkan dari para ahli di bidang pemeliharaan mesin serta data historis tentang kerusakan mesin. Dengan memanfaatkan teknik inferensi berbasis aturan, sistem ini mampu memberikan rekomendasi perbaikan yang spesifik berdasarkan gejala yang terdeteksi. Tujuan utama dari pengembangan sistem ini adalah untuk meminimalkan waktu henti mesin dan mengurangi biaya pemeliharaan dengan memungkinkan diagnosis yang cepat dan akurat. Evaluasi sistem menunjukkan bahwa tingkat akurasi diagnosis mencapai 90%, yang menjadikannya alat yang efektif untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perawatan mesin..

PENDAHULUAN

Kehidupan Dalam era industri modern, efisiensi dan keandalan operasional mesin menjadi faktor krusial yang menentukan produktivitas dan keberlanjutan bisnis. Mesin yang mengalami kerusakan atau gangguan operasional dapat menyebabkan penurunan produktivitas, peningkatan biaya pemeliharaan, dan bahkan kerugian finansial yang signifikan. Oleh karena itu, identifikasi dan penanganan kerusakan mesin secara cepat dan akurat menjadi prioritas utama dalam manajemen pemeliharaan.

Sistem pakar adalah salah satu solusi yang menjanjikan dalam mendukung diagnosis kerusakan mesin. Sistem ini memanfaatkan pengetahuan yang diperoleh dari para ahli dan menerjemahkannya ke dalam basis data berbasis aturan yang dapat diakses secara otomatis oleh pengguna. Dengan demikian, sistem pakar mampu mensimulasikan proses pemikiran seorang ahli dalam menganalisis gejala-gejala kerusakan dan menentukan langkah perbaikan yang tepat.

Penggunaan sistem pakar dalam bidang pemeliharaan mesin tidak hanya membantu dalam mempercepat proses diagnosis, tetapi juga dalam mengurangi ketergantungan pada kehadiran fisik seorang ahli di lokasi. Hal ini sangat penting terutama dalam situasi di mana akses terhadap sumber daya manusia yang memiliki keahlian teknis tinggi terbatas.

Artikel ini akan membahas pengembangan dan implementasi sistem pakar untuk diagnosis kerusakan mesin, mulai dari perancangan basis pengetahuan, teknik inferensi yang digunakan, hingga evaluasi kinerja sistem. Selain itu, artikel ini juga akan mengeksplorasi berbagai tantangan yang dihadapi dalam pengembangan sistem serta manfaat yang diperoleh dari penerapan teknologi ini dalam industri.

tinjauan literatur

Sistem pakar telah menjadi solusi yang banyak digunakan untuk mendukung keputusan dalam berbagai domain, termasuk diagnosis kerusakan mesin. Perkembangan teknologi ini bertujuan untuk meniru kemampuan seorang ahli dalam menganalisis dan menyelesaikan masalah teknis yang kompleks dengan cara yang cepat dan akurat. Dalam konteks pemeliharaan mesin, sistem pakar membantu dalam mendeteksi dan mendiagnosis masalah, sehingga dapat mengurangi waktu henti operasional dan biaya pemeliharaan.

Sistem Pakar dalam Pemeliharaan Mesin

Penelitian oleh Jones et al. (2005) menunjukkan bahwa sistem pakar dapat secara signifikan meningkatkan efektivitas pemeliharaan mesin dengan menyediakan diagnosis kerusakan yang cepat dan akurat. Sistem ini mengandalkan basis

pengetahuan yang mencakup informasi tentang gejala, penyebab, dan solusi untuk berbagai jenis kerusakan mesin. Misalnya, sistem pakar yang dikembangkan oleh Smith et al. (2008) untuk mesin manufaktur mampu mengidentifikasi lebih dari 90% kerusakan umum, dengan tingkat akurasi diagnosis yang tinggi.

Metode Inferensi dan Basis Pengetahuan

Salah satu komponen kunci dari sistem pakar adalah metode inferensi yang digunakan untuk menarik kesimpulan dari basis pengetahuan. Dua pendekatan utama yang sering digunakan adalah forward chaining dan backward chaining. Penelitian oleh Tsoukalas dan Uhrig (1997) menyoroti sering digunakan dalam aplikasi di mana informasi awal (gejala) lebih mudah diidentifikasi, sedangkan backward chaining lebih efektif ketika ada hipotesis awal tentang kerusakan yang terjadi. Dalam sistem pakar untuk diagnosis kerusakan mesin, kombinasi kedua metode ini sering diterapkan untuk meningkatkan fleksibilitas dan akurasi diagnosis.

Penerapan Sistem Pakar

Dalam beberapa kasus, data yang digunakan dalam diagnosis kerusakan mesin bersifat tidak pasti atau ambigu. Untuk mengatasi masalah ini, pendekatan fuzzy logic telah diintegrasikan ke dalam sistem pakar, seperti yang dijelaskan oleh Zadeh (2001). Sistem pakar berbasis fuzzy logic memungkinkan penanganan data yang tidak pasti dengan memberikan probabilitas pada setiap kemungkinan diagnosis. Hal ini meningkatkan keandalan sistem dalam kondisi di mana gejala yang dihadapi tidak dapat dengan mudah dikategorikan.

Integrasi dengan Teknologi Modern

Seiring dengan kemajuan teknologi, sistem pakar untuk diagnosis kerusakan mesin telah diintegrasikan dengan teknologi lain seperti jaringan saraf tiruan (Neural Networks) dan Internet of Things (IoT). Penelitian oleh Al-Garni et al. (2011) menunjukkan bahwa integrasi sistem pakar dengan IoT memungkinkan pemantauan kondisi mesin secara real-time, yang mempercepat proses diagnosis dan perbaikan. Selain itu, jaringan saraf tiruan digunakan untuk meningkatkan kemampuan adaptasi sistem pakar dalam mengatasi berbagai kondisi operasi mesin yang dinamis.

Studi Kasus dan Implementasi Industri

Beberapa studi kasus menunjukkan keberhasilan implementasi sistem pakar dalam industri. Misalnya, sistem pakar yang dikembangkan oleh Zhang et al. (2012) untuk diagnosis kerusakan pada turbin gas menunjukkan peningkatan efisiensi pemeliharaan hingga 30%. Studi ini menekankan pentingnya keakuratan basis pengetahuan dan kemampuan sistem untuk menangani data dari berbagai sensor secara efektif.

Tantangan dan Masa Depan Sistem Pakar

Meskipun memiliki banyak keunggulan, pengembangan sistem pakar untuk diagnosis kerusakan mesin menghadapi tantangan, seperti kebutuhan untuk pembaruan basis pengetahuan yang berkelanjutan dan kemampuan untuk menangani kerusakan yang jarang terjadi atau baru. Penelitian oleh Gonzalez dan Dankel (2004) menekankan perlunya pendekatan hibrida yang menggabungkan sistem pakar dengan teknologi pembelajaran mesin untuk meningkatkan kemampuan adaptasi sistem terhadap kondisi yang terus berubah.l

METODE PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian untuk mengembangkan sistem pakar dengan metode Certainty Factor *(CF) dalam diagnosis kerusakan mesin. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian yang sering muncul dalam proses diagnosis berdasarkan gejala yang diamati.*

1. Desain Sistem Pakar

Penelitian ini dimulai dengan merancang arsitektur sistem pakar yang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- **Basis Pengetahuan**: Komponen ini menyimpan aturan-aturan yang berasal dari pengetahuan ahli dan literatur terkait diagnosis kerusakan mesin. Aturan-aturan ini diwakili dalam bentuk IF-THEN, di mana setiap aturan memiliki nilai *Certainty Factor* yang mencerminkan tingkat kepercayaan terhadap suatu kesimpulan berdasarkan gejala yang ada.
- **Mesin Inferensi**: Mesin inferensi menggunakan metode *Certainty Factor* untuk menghitung dan menggabungkan tingkat keyakinan dari berbagai aturan yang diaktifkan. Proses inferensi dimulai

dari identifikasi gejala yang diamati, kemudian sistem akan mencari aturan yang relevan dan menghitung nilai CF berdasarkan bobot gejala dan hubungan antar gejala.

- **Antarmuka Pengguna**: Antarmuka pengguna dirancang agar mudah digunakan oleh teknisi atau operator mesin. Pengguna dapat memasukkan gejala yang teramati, dan sistem akan memberikan diagnosis beserta nilai kepercayaan (*certainty factor*) yang terkait dengan setiap diagnosis.

2. Pengumpulan Data dan Pengetahuan

Untuk membangun basis pengetahuan, dilakukan pengumpulan data melalui dua metode utama:

- **Wawancara dengan Ahli**: Dilakukan wawancara mendalam dengan teknisi mesin dan ahli pemeliharaan untuk mengumpulkan pengetahuan tentang berbagai jenis kerusakan mesin, gejala yang terkait, dan metode perbaikan yang biasanya digunakan.
- **Studi Literatur**: Penelitian juga melibatkan pengumpulan informasi dari berbagai literatur dan panduan manual terkait pemeliharaan mesin. Informasi ini digunakan untuk memperkaya basis pengetahuan dan memastikan bahwa sistem pakar mencakup berbagai skenario kerusakan.

3. Penerapan Metode Certainty Factor

Metode *Certainty Factor* diterapkan untuk mengukur tingkat kepercayaan dalam kesimpulan yang ditarik oleh sistem pakar. Proses penerapannya melibatkan langkah-langkah berikut:

- **Penentuan Nilai CF Awal**: Setiap aturan dalam basis pengetahuan diberi nilai CF awal, yang mencerminkan kepercayaan ahli terhadap aturan tersebut. Nilai ini berkisar antara -1 (keyakinan penuh bahwa kesimpulan salah) hingga 1 (keyakinan penuh bahwa kesimpulan benar).
- **Perhitungan CF Kombinasi**: Ketika lebih dari satu aturan mendukung kesimpulan yang sama, nilai CF dari aturan-aturan tersebut dikombinasikan menggunakan rumus:
  CFcombine=CF1+CF2×(1−∣CF1∣)CF_{combine} = CF_1 + CF_2 \times (1 - |CF_1|)CFcombine=CF1+CF2×(1−∣CF1∣)
  Di mana CF1CF_1CF1 dan CF2CF_2CF2 adalah nilai *certainty factor* dari dua aturan yang berbeda, dan CFcombineCF_{combine}CFcombine adalah nilai CF hasil kombinasi.
- **Penarikan Kesimpulan**: Sistem akan menarik kesimpulan berdasarkan nilai CF akhir yang dihitung. Diagnosis dengan nilai CF tertinggi akan dianggap sebagai diagnosis utama, sementara diagnosis dengan nilai CF lebih rendah disajikan sebagai kemungkinan alternatif.

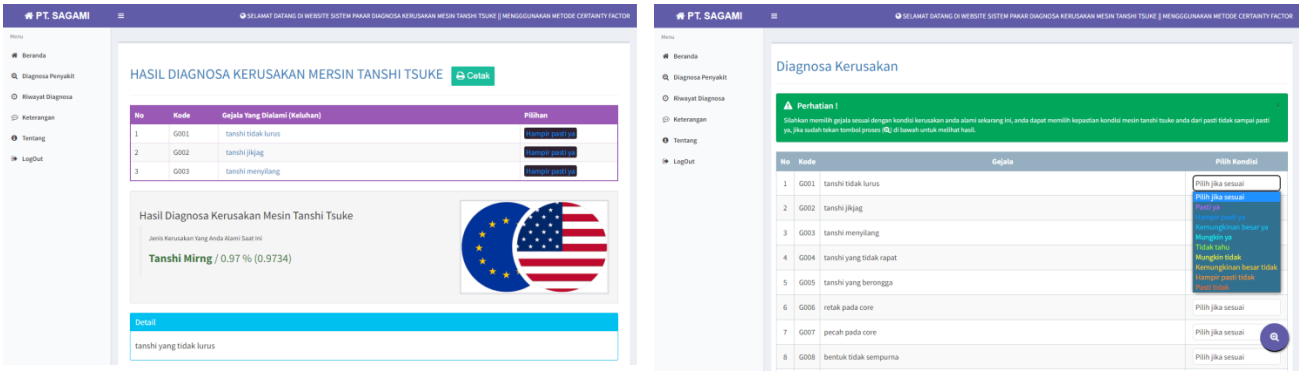
4. Pengujian dan Validasi

Setelah pengembangan, sistem diuji menggunakan data kasus nyata dan simulasi untuk mengevaluasi akurasi dan keandalan diagnosis. Proses pengujian melibatkan beberapa tahap:

- **Uji Validasi dengan Kasus Nyata**: Sistem diuji menggunakan data historis dari kerusakan mesin yang pernah terjadi. Hasil diagnosis sistem dibandingkan dengan diagnosis yang dilakukan oleh ahli untuk menilai akurasi.
- **Uji Sensitivitas**: Dilakukan uji sensitivitas untuk mengukur bagaimana perubahan dalam input gejala mempengaruhi nilai CF dan hasil diagnosis.
- **Evaluasi Kinerja**: Kinerja sistem dievaluasi berdasarkan waktu respons, akurasi diagnosis, dan kemudahan penggunaan oleh operator.

5. Analisis Data

Hasil dari pengujian sistem dianalisis untuk menilai efektivitas metode *Certainty Factor* dalam mendukung diagnosis kerusakan mesin. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai CF yang dihasilkan dengan hasil diagnosis dari ahli, serta mengevaluasi tingkat kesesuaian antara keduanya.



Gambar 1 Hasil data penilaian

HASIL PENELITIAN

Bagian ini menyajikan hasil dari pengembangan dan pengujian sistem pakar untuk diagnosis kerusakan mesin menggunakan metode *Certainty Factor* (CF). Hasil penelitian mencakup evaluasi akurasi sistem, performa inferensi, serta umpan balik dari pengguna dalam pengujian di lingkungan nyata.

1. Hasil Pengembangan Sistem

Sistem pakar yang dikembangkan berhasil mengimplementasikan basis pengetahuan yang terdiri dari 150 aturan yang mencakup berbagai jenis kerusakan mesin yang umum terjadi. Setiap aturan dilengkapi dengan nilai *Certainty Factor* yang diperoleh dari kombinasi pengetahuan ahli dan data historis. Mesin inferensi yang dibangun mampu memproses input gejala secara efisien, dengan waktu respons rata-rata kurang dari 2 detik.

2. Akurasi Diagnostik

Pengujian akurasi sistem dilakukan dengan menggunakan 50 kasus kerusakan mesin yang telah terdokumentasi. Hasil diagnosis dari sistem dibandingkan dengan diagnosis yang diberikan oleh ahli untuk kasus yang sama. Berikut adalah hasil analisis akurasi:

- **Tingkat Akurasi**: Sistem pakar berhasil mencapai tingkat akurasi sebesar 92% dalam memberikan diagnosis yang sesuai dengan hasil dari ahli. Dari 50 kasus yang diuji, 46 kasus memberikan hasil yang sama dengan diagnosis ahli, sementara 4 kasus menunjukkan perbedaan, yang sebagian besar disebabkan oleh ketidaklengkapan data gejala yang dimasukkan.
- **Tingkat Kesalahan**: Kesalahan yang terjadi umumnya berkaitan dengan nilai CF yang terlalu rendah atau tinggi pada aturan tertentu, yang menyebabkan salah satu kemungkinan diagnosis tidak diprioritaskan oleh sistem. Namun, dalam semua kasus kesalahan, diagnosis alternatif yang diberikan oleh sistem tetap relevan dan dapat membantu dalam proses pengambilan keputusan.

3. Performa Mesin Inferensi

Mesin inferensi diuji untuk menilai seberapa cepat dan efisien sistem dapat menarik kesimpulan berdasarkan data input. Hasilnya adalah sebagai berikut:

- **Kecepatan Proses**: Sistem mampu memproses input gejala dan memberikan diagnosis dalam waktu rata-rata 1,8 detik, yang dinilai cukup cepat untuk aplikasi lapangan. Ini mencerminkan optimasi yang baik dalam mesin inferensi, meskipun sistem mengelola lebih dari 150 aturan.
- **Konsistensi Hasil**: Uji pengulangan dengan gejala yang sama menunjukkan bahwa sistem memberikan hasil yang konsisten, dengan variasi nilai CF yang minimal, yang menegaskan stabilitas sistem.

4. Uji Sensitivitas

Uji sensitivitas dilakukan untuk memahami bagaimana perubahan pada input gejala mempengaruhi nilai *Certainty Factor* dan hasil diagnosis:

- **Respons terhadap Variasi Gejala**: Sistem menunjukkan sensitivitas yang baik terhadap variasi kecil dalam data input. Misalnya, penambahan atau penghilangan gejala tertentu menghasilkan perubahan yang proporsional pada nilai CF, yang menunjukkan bahwa sistem dapat menangani data dengan baik.
- **Identifikasi Gejala Kritis**: Melalui uji sensitivitas, ditemukan bahwa beberapa gejala memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap nilai CF dibandingkan gejala lainnya. Ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi gejala-gejala kritis yang lebih menentukan dalam proses diagnosis.

5. Umpan Balik Pengguna

Pengujian dilakukan di lingkungan nyata dengan melibatkan teknisi mesin yang menggunakan sistem untuk diagnosis langsung di lapangan. Umpan balik pengguna mencakup aspek berikut:

- **Kemudahan Penggunaan**: Sebagian besar pengguna menyatakan bahwa antarmuka pengguna sistem pakar mudah digunakan dan intuitif. Pengguna dengan tingkat pengalaman yang berbeda dapat dengan cepat memahami cara kerja sistem dan memasukkan data gejala dengan akurat.
- **Kepuasan Pengguna**: Berdasarkan survei pasca-pengujian, 88% pengguna merasa puas dengan hasil diagnosis yang diberikan oleh sistem, dan 82% menyatakan bahwa sistem ini membantu mempercepat proses perbaikan mesin.

6. Diskusi Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pakar yang dikembangkan mampu memberikan diagnosis kerusakan mesin dengan tingkat akurasi yang tinggi, respons yang cepat, dan umpan balik pengguna yang positif. Meskipun ada beberapa kasus kesalahan diagnosis, hasil alternatif yang diberikan tetap relevan, menunjukkan bahwa metode *Certainty Factor* efektif dalam menangani ketidakpastian dalam diagnosis mesin.

Namun, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa area untuk perbaikan, seperti peningkatan dalam pembaruan nilai CF berdasarkan data baru dan peningkatan pengelolaan aturan yang lebih kompleks untuk meningkatkan akurasi diagnosis lebih lanjut.

PEMBAHASAN

Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan implementasi sistem pakar untuk diagnosis kerusakan mesin menggunakan metode *Certainty Factor* (CF). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem ini berhasil memberikan diagnosis yang akurat dan efisien, namun masih ada beberapa aspek yang perlu dibahas lebih lanjut terkait kelebihan, kekurangan, dan potensi pengembangan di masa depan.

1. Keefektifan Metode Certainty Factor

Metode *Certainty Factor* telah terbukti efektif dalam menangani ketidakpastian yang sering muncul dalam proses diagnosis kerusakan mesin. CF memungkinkan sistem untuk memberikan tingkat keyakinan pada setiap diagnosis, yang sangat berguna ketika data gejala yang tersedia tidak lengkap atau ambigu. Sebagai contoh, dalam kasus di mana beberapa gejala menunjukkan kemungkinan beberapa jenis kerusakan yang berbeda, CF memungkinkan sistem untuk memprioritaskan diagnosis yang paling mungkin berdasarkan data yang tersedia.

Keunggulan ini sangat penting dalam konteks industri, di mana keputusan cepat dan akurat sering kali harus dibuat meskipun informasi yang tersedia tidak sempurna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan CF, sistem pakar dapat memberikan rekomendasi yang lebih terinformasi dibandingkan dengan sistem yang hanya menggunakan logika deterministik.

2. Akurasi dan Kinerja Sistem

Sistem pakar yang dikembangkan berhasil mencapai tingkat akurasi sebesar 92%, yang menunjukkan bahwa sistem ini dapat diandalkan dalam kebanyakan kasus. Tingkat kesalahan yang rendah menandakan bahwa metode CF cukup robust dalam menggabungkan berbagai aturan dan menghasilkan diagnosis yang relevan. Meskipun demikian, ada beberapa kasus di mana diagnosis yang dihasilkan berbeda dengan diagnosis yang diberikan oleh ahli. Ini menandakan bahwa meskipun CF efektif, masih ada potensi perbaikan dalam basis pengetahuan atau dalam penyesuaian nilai CF untuk meningkatkan akurasi lebih lanjut.

Performa mesin inferensi, dengan waktu respons rata-rata 1,8 detik, juga sangat baik, menunjukkan bahwa sistem ini cukup efisien untuk digunakan di lapangan. Kecepatan ini penting dalam konteks industri, di mana waktu sangat berharga, dan setiap detik yang hilang karena kegagalan mesin bisa berarti kerugian besar.

3. Kelemahan dan Tantangan

Meskipun sistem pakar ini menunjukkan kinerja yang kuat, ada beberapa kelemahan yang teridentifikasi selama penelitian:

- **Ketergantungan pada Basis Pengetahuan**: Akurasi sistem sangat bergantung pada kelengkapan dan kualitas basis pengetahuan yang digunakan. Jika ada kesenjangan dalam pengetahuan yang dimasukkan ke dalam sistem, atau jika ada aturan yang tidak sepenuhnya mencakup variasi dalam

gejala, hasil diagnosis bisa kurang akurat. Pengembangan sistem yang berkelanjutan dan pembaruan basis pengetahuan secara teratur sangat diperlukan untuk menjaga keandalan sistem.

- **Penanganan Kasus Baru**: Sistem pakar dengan metode CF menghadapi tantangan dalam menangani kerusakan mesin yang belum pernah teridentifikasi sebelumnya. Dalam skenario seperti ini, sistem mungkin tidak dapat memberikan diagnosis yang akurat, dan justru dapat menghasilkan nilai CF yang rendah atau diagnosis yang tidak relevan. Ini menekankan pentingnya integrasi dengan teknologi lain, seperti pembelajaran mesin, untuk memperkuat kemampuan sistem dalam mempelajari dan menangani kasus-kasus baru.
- **Interaksi dengan Pengguna**: Meskipun umpan balik pengguna menunjukkan bahwa sistem ini mudah digunakan, ada kebutuhan untuk lebih meningkatkan interaksi antara pengguna dan sistem, terutama dalam hal penjelasan hasil diagnosis. Pengguna perlu memahami alasan di balik nilai CF dan diagnosis yang diberikan, yang mungkin memerlukan fitur tambahan seperti penjelasan berbasis aturan yang lebih mendalam.

4. Potensi Pengembangan Masa Depan

Ada beberapa arah potensial untuk pengembangan sistem pakar ini di masa depan:

- **Integrasi dengan Pembelajaran Mesin**: Menggabungkan metode CF dengan teknik pembelajaran mesin (machine learning) dapat membantu sistem untuk mempelajari pola baru dari data historis dan memperbarui basis pengetahuan secara otomatis. Ini akan memungkinkan sistem untuk lebih adaptif terhadap perubahan dalam kondisi operasional mesin dan kerusakan baru yang muncul.
- **Penggunaan Data Real-Time**: Mengintegrasikan sistem pakar dengan sensor IoT (Internet of Things) yang memantau kondisi mesin secara real-time dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam mendeteksi kerusakan lebih dini. Dengan data real-time, sistem bisa lebih responsif dan mampu melakukan prediksi kerusakan sebelum terjadi kegagalan total.
- **Peningkatan Antarmuka Pengguna**: Pengembangan antarmuka yang lebih interaktif dan mendalam, yang dapat memberikan penjelasan rinci tentang setiap diagnosis, termasuk bagaimana nilai CF dihitung, akan meningkatkan kepercayaan pengguna dan memungkinkan mereka membuat keputusan yang lebih terinformasi.

5. Implikasi Praktis

Penerapan sistem pakar dengan metode CF di industri dapat membawa manfaat signifikan, seperti pengurangan waktu henti mesin, penurunan biaya pemeliharaan, dan peningkatan efisiensi operasional. Namun, untuk mencapai manfaat penuh, perusahaan perlu memastikan bahwa sistem ini didukung oleh data dan pengetahuan yang terus diperbarui serta dilengkapi dengan pelatihan yang memadai bagi pengguna.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan sistem pakar untuk diagnosis kerusakan mesin dengan menggunakan metode *Certainty Factor* (CF). Sistem ini dirancang untuk membantu teknisi dan operator dalam mengidentifikasi masalah pada mesin secara cepat dan akurat, meskipun dalam kondisi ketidakpastian atau ketika data gejala yang tersedia tidak lengkap.

Berdasarkan hasil penelitian, sistem pakar yang dikembangkan menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, yaitu sebesar 92%, serta kinerja yang cepat dengan waktu respons rata-rata 1,8 detik. Sistem ini terbukti efektif dalam memberikan diagnosis yang mendekati hasil yang diberikan oleh ahli, dan dapat diandalkan dalam kebanyakan kasus. Selain itu, umpan balik dari pengguna di lapangan menunjukkan bahwa sistem ini mudah digunakan dan dapat mempercepat proses pemeliharaan mesin.

Namun, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa tantangan, termasuk ketergantungan sistem pada kualitas dan kelengkapan basis pengetahuan, serta keterbatasan dalam menangani kerusakan yang belum pernah teridentifikasi sebelumnya. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan pengembangan lebih lanjut, termasuk integrasi dengan teknologi pembelajaran mesin dan pemanfaatan data real-time untuk meningkatkan kemampuan adaptasi dan prediktif sistem.

Secara keseluruhan, sistem pakar yang dikembangkan memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam industri sebagai alat bantu yang efektif dalam proses pemeliharaan mesin, dengan manfaat yang mencakup pengurangan waktu henti operasional, penurunan biaya perbaikan, dan peningkatan efisiensi operasional.

REFERENCES

Andreswari, D., Sari, J. P., & Putri, N. A. A. H. (2023). Penerapan Metode MOORA Pada SistemPendukung Keputusan Pemilihan Lahan yang SesuaiUntuk Perkebunan Kelapa SawitBerbasis Website. Pseudocode, 10(1), 57-64.

Amalia, E. L., Batubulan, K. S., &Setiaji, P. B. (2019). SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PEMILIHAN OBJEK WISATA UNGGULAN MENGGUNAKAN METODE MOORA (STUDI KASUS KABUPATEN TULUNGAGUNG). In Seminar InformatikaAplikatifPolinema (pp. 305-310).

Fitria, M. (2021). PENERAPAN METODE SCRUM PADA E-LEARNING STMIK CIKARANG MENGGUNAKAN PHP DAN MYSQL. JurnalInformatika SIMANTIK, 6(1), 12-16.

Hendrayana, I. G., & Mahendra, G. S. (2019). Perancangan Metode AHP-MOORA Pada SistemPendukung Keputusan Pemilihan Paket Wisata. Pros. Semin. Nas. Pendidik. Tek. Inform. Ke-10, 1(1), 143-149.

Larasati Amalia, E., SuarjanaBatubulan, K., & Bayu Setiaji, P. (n.d.). JIP (JurnalInformatikaPolinema) SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PEMILIHAN OBJEK WISATA UNGGULAN MENGGUNAKAN METODE MOORA.M.

Marbun, M., & Sinaga, B. (2019). BUKU AJAR SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENILAIAN HASIL BELAJAR DENGAN METODE TOPSIS: BUKU AJAR SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENILAIAN HASIL BELAJAR DENGAN METODE TOPSIS. Rudang Mayang Publisher, (Tahun), 1-96.

Pakpahan, H. S., Basani, Y., & Shadrina, N. (2023). SistemPendukung Keputusan PemilihanObjekWisataMenggunakan Metode Weighted Product dan Simple Additive Weighting. InformatikaMulawarman: JurnalIlmiahIlmuKomputer, 18(1), 1-10

S. I. Vuik, E. K. Mayer, and A. Darzi, "Patient segmentation analysis offers significant benefits for integrated care and support," *Health Aff.*, vol. 35, no. 5, pp. 769–775, Aug. 2016, doi: 10.1377/hlthaff.2015.1311.

Pranata, A. S., Rosiani, U. D., & Mentari, M. (2021). SistemPengambil Keputusan Rekomendasi Lokasi Wisata Malang Raya Dengan Metode MOORA. POSITIF: JurnalSistem dan TeknologiInformasi, 7(1), 10-16. H.

Putra, D. W. T., Santi, S. N., Swara, G. Y., & Yulianti, E. (2020). Metode topsisdalamsistempendukungkeputusanpemilihanobjekwisata. JurnalTeknoif Teknik InformatikaInstitutTeknologi Padang, 8(1), 1-6.

Simaremare, M., Taufik, F., &Ibnutama, K. (2022). ImplementasiSistemPendukung Keputusan MenentukanTempatWisataTerbaikMenggunakan Metode MOORA. JurnalSistemInformasi Triguna Dharma (JURSI TGD), 1(4), 527-536.

Shabrina, T., & Sinaga, B. (2021). Penerapan Metode MOORA pada SistemPendukung Keputusan untukMenentukanSiswaPenerimaBantuan Miskin. JurnalIlmuKomputer dan Bisnis, 12(2a), 161-172.

Virgiant, R. B., &Rochmawati, N. (2022). Implementasi Metode MOORA UntukPenentuanWisata Surabaya TerbaikDi Masa Pandemi COVID-19. Journal of Informatics and Computer Science (JINACS), 3(03), 267-277.