

SISTEM DIAGNOSA KERUSAKAN MESIN PESAWAT CESSNA C208-B MENGGUNAKAN PENDEKATAN *CASE-BASED REASONING* BERBASIS TEKS

Case-Based Reasoning-Based Textual Troubleshooting System for Cessna C208-B Engine Diagnosis

Harliyus Agustian^{*1}, Sri Mulyani², Nabila Rahmatul Aini³, Okto Dinaryanto⁴

¹ Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto,
Indonesia

² Program Studi Teknik Dirgantara, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Institut Teknologi Dirgantara
Adisutjipto, Indonesia

³ Program Studi Magister Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

⁴ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Institut Teknologi Dirgantara
Adisutjipto, Indonesia

e-mail: ^{*1}harliyus@itda.ac.id, ²srimulyani042@gmail.com, ³nabilarahmatulaini@mail.ugm.ac.id
⁴okto.dinaryanto@itda.ac.id

Abstrak

Proses diagnosis kerusakan mesin pesawat memerlukan keahlian teknis tinggi dan pengalaman dalam memahami gejala serta riwayat perawatan. Teknisi junior sering mengalami kesulitan mengidentifikasi masalah tanpa bimbingan teknisi senior. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem troubleshooting berbasis teks menggunakan pendekatan *Case-Based Reasoning* (CBR) untuk memberikan rekomendasi solusi terhadap kerusakan engine pesawat Cessna C208-B berdasarkan kemiripan kasus sebelumnya. Dataset terdiri atas 100 data kerusakan yang mencakup deskripsi gejala (*symptom*), penyebab (*cause*), dan tindakan perbaikan (*solution*). Proses retrieve meliputi text preprocessing (*case folding*, *tokenizing*, *stopword removal*, *filtering*, dan *stemming*), pembobotan TF-IDF, serta perhitungan kemiripan menggunakan *Cosine Similarity*. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mencapai *Precision@1* sebesar 100% dan akurasi keseluruhan 100% dengan waktu pencarian rata-rata 2,8 detik. Meskipun tingkat kemiripan menurun dari 81,7% menjadi 74,7% pada pengujian generalisasi, sistem tetap menunjukkan performa yang konsisten. Hasil ini membuktikan bahwa pendekatan CBR berbasis teks efektif dalam membantu teknisi junior menemukan solusi kerusakan mesin secara cepat dan akurat, serta berpotensi menjadi decision support tool untuk mempercepat proses diagnosis dan mengurangi kesalahan identifikasi di hanggar.

Kata kunci—3-5 *Case-Based Reasoning*, *Troubleshooting*, TF-IDF, *Cosine Similarity*, Cessna C208-B.

Abstract

Diagnosing aircraft engine failures demands a high level of technical expertise and a deep understanding of system behavior and maintenance history. In practice, junior technicians often face difficulties in accurately identifying faults without guidance from senior engineers. This study presents the development of a text-based troubleshooting system using the *Case-Based Reasoning* (CBR) approach to provide solution recommendations for Cessna C208-B engine malfunctions based on similarities with previous cases. The dataset consists of 100 recorded engine failure cases containing textual descriptions of symptoms, root causes, and corrective actions. During the retrieval phase, text preprocessing is performed through case folding, tokenization, stopwords removal, filtering, and stemming. Term weighting

Informasi Artikel:

Submitted: bulan 20xx, **Accepted:** bulan 20xx, **Published:** Mei / November 20xx

ISSN: 2685-4902 (media online), **Website:** <http://jurnal.umus.ac.id/index.php/intech>

is conducted using the TF-IDF method, while case similarity is measured with Cosine Similarity. Experimental results show that the proposed system achieves a Precision@1 of 100% and an overall accuracy of 100%, with an average retrieval time of 2.8 seconds. Although the similarity score slightly decreased from 81.7% to 74.7% during generalization testing, the system maintained consistent and reliable performance. These findings demonstrate that the text-based CBR model effectively assists junior technicians in fault diagnosis and solution retrieval, and it has strong potential as a decision support tool to enhance diagnostic efficiency and reduce identification errors in aircraft maintenance operations.

Keywords—3-5 Case-Based Reasoning, Troubleshooting, TF-IDF, Cosine Similarity, Cessna C208-B.

PENDAHULUAN

Pesawat Cessna C208-B Caravan merupakan pesawat serbaguna yang banyak digunakan untuk penerbangan komersial jarak pendek maupun misi kargo. Kinerja mesin turboprop Pratt & Whitney PT6A pada pesawat ini memiliki peran krusial terhadap keselamatan penerbangan dan efisiensi operasional. Dalam kegiatan perawatan, proses identifikasi kerusakan (*troubleshooting*) umumnya dilakukan secara manual melalui panduan Aircraft Maintenance Manual (AMM) atau berdasarkan pengalaman teknisi senior. Namun, keterbatasan waktu, kompleksitas sistem mesin, serta perbedaan tingkat pengalaman antar teknisi sering kali menyebabkan proses diagnosis berlangsung lebih lama atau menghasilkan identifikasi yang kurang akurat [1], [2].

Kemajuan teknologi kecerdasan buatan telah mendorong pengembangan sistem pendukung keputusan berbasis pengetahuan (Knowledge-Based System) untuk mendukung proses perawatan pesawat [3]. Salah satu pendekatan yang dinilai efektif adalah Case-Based Reasoning (CBR), yaitu metode penyelesaian masalah yang memanfaatkan pengalaman dari kasus sebelumnya untuk menangani kasus baru yang memiliki kemiripan [4]. Dalam konteks pemeliharaan mesin pesawat, CBR memungkinkan sistem meniru pola berpikir teknisi berpengalaman dalam mendiagnosis kerusakan berdasarkan kemiripan gejala dan solusi yang pernah terjadi [5], [6].

Berbagai penelitian sebelumnya telah menerapkan pendekatan CBR pada bidang pemeliharaan mesin, antara lain untuk diagnosis gangguan pada sistem *aeroengine* [7][8], sistem pendingin industri [9], dan kendaraan listrik [10]. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada data numerik atau parameter sensor, sementara data berbasis teks dari laporan teknisi (*maintenance report*) belum dimanfaatkan secara optimal [11]. Padahal, dalam praktik pemeliharaan pesawat, sebagian besar data diagnosis bersumber dari laporan berbasis teks yang berisi deskripsi gejala, penyebab, dan tindakan perbaikan [12]. Pendekatan serupa juga telah dikaji oleh Schultheis [13] dan Watson [14] yang menekankan pentingnya struktur kasus dan siklus pembelajaran dalam sistem CBR modern. Selain itu, Keane [15] mengusulkan integrasi pembelajaran mendalam dengan CBR untuk meningkatkan akurasi pencarian kasus pada domain diagnosis industri.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem troubleshooting berbasis teks untuk mesin pesawat Cessna C208-B dengan menerapkan pendekatan *Case-Based Reasoning*. Tujuan utama penelitian ini adalah membantu teknisi junior dalam memperoleh rekomendasi solusi berdasarkan kemiripan dengan kasus-kasus sebelumnya yang tersimpan dalam basis pengetahuan. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu mempercepat proses diagnosis, meningkatkan akurasi identifikasi kerusakan, serta berfungsi sebagai media pembelajaran berbasis pengalaman nyata di lingkungan pemeliharaan pesawat. Berbeda dengan penelitian terdahulu, studi ini tidak hanya menilai kinerja sistem secara fungsional, tetapi juga melakukan pengujian generalisasi terhadap variasi input teknisi, sehingga efektivitas sistem dapat dievaluasi dalam kondisi lapangan yang lebih representatif.

METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Objek Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori applied research dengan pendekatan kuantitatif-eksperimental. Objek penelitian adalah sistem mesin pesawat Cessna C208-B

(Pratt & Whitney PT6A). Dataset terdiri dari 100 kasus kerusakan yang diambil dari dokumen pemeliharaan dan laporan teknisi senior, masing-masing berisi gejala kerusakan, penyebab, dan solusi perbaikan.

2.2 Pengumpulan dan Persiapan Data

Data dikumpulkan melalui:

1. Analisis dokumen pemeliharaan pesawat (AMM, log perawatan, dan laporan kerusakan).
2. Wawancara teknisi ahli untuk validasi isi kasus.
3. Pembersihan dan penyusunan dataset ke dalam struktur: (ID Kasus, Deskripsi Gejala, Penyebab, Solusi Perbaikan).

Data yang dikumpulkan berjumlah 100 dataset dengan sampel data yang *available* di Tabel 1.

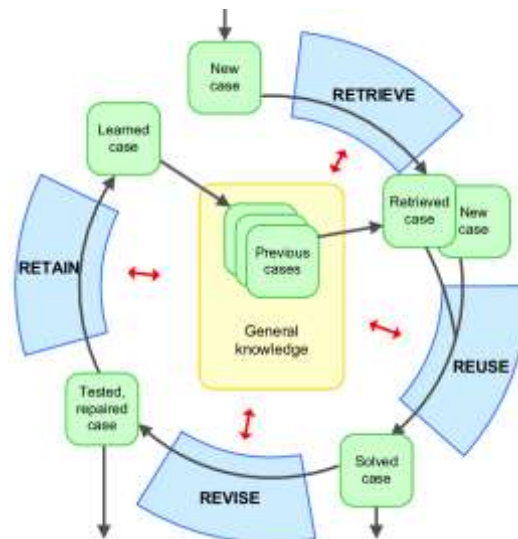
Tabel 1. Dataset Kasus Sebelumnya

Case_ID	Symptom	Cause	Solution
C208B-001	<i>Engine</i> sulit dinyalakan saat suhu rendah	Igniter plug aus	Ganti igniter plug dan periksa sistem pengapian
C208B-002	<i>Starter</i> berputar tetapi tidak terjadi pembakaran awal	Fuel nozzle tersumbat	Bersihkan atau ganti fuel nozzle
C208B-003	<i>Engine</i> mati mendadak setelah idle	Fuel control unit malfunction	Kalibrasi ulang FCU dan periksa tekanan bahan bakar
C208B-004	RPM tidak stabil saat <i>take-off</i>	Governor <i>propeller</i> rusak	Periksa governor dan lakukan penggantian bila perlu
C208B-005	Oil pressure turun setelah 5 menit running	Filter oli tersumbat	Ganti filter oli dan cek tekanan pompa oli
C208B-006	Getaran berlebihan saat climb	Ketidakseimbangan <i>propeller</i>	Lakukan balancing <i>propeller</i>
C208B-007	<i>Torque</i> tidak naik meski <i>throttle</i> meningkat	<i>Fuel flow</i> tidak mencukupi	Periksa pompa bahan bakar dan saringan primer
C208B-008	<i>Engine overtemperature</i> saat <i>take-off</i>	Kompresor kotor	Lakukan pembersihan compressor section
C208B-009	<i>Flameout</i> pada ketinggian >10.000 ft	<i>Fuel air ratio</i> tidak stabil	Lakukan penyesuaian FCU dan uji fuel flow

C208B-010	Indikator ITT fluktuatif	<i>Thermocouple</i> sensor longgar	Kencangkan konektor sensor atau ganti thermocouple
-----------	--------------------------	------------------------------------	--

2.3 Tahapan Sistem CBR

Model sistem *Case-Based Reasoning* yang dikembangkan mengikuti empat tahap utama (4R) seperti ditunjukkan pada Gambar 1:



Gambar 1. Proses *Case Base Reasoning*

1. Retrieve:

Sistem menerima input berupa teks deskripsi kerusakan dari teknisi junior. Input ini diproses melalui tahapan *preprocessing*:

- *Case Folding* (mengubah huruf menjadi huruf kecil),
- *Tokenizing* (memecah teks menjadi kata),
- *Stopword Removal* (menghapus kata umum yang tidak bermakna),
- *Filtering* (menghapus tanda baca dan angka), dan
- *Stemming* (mengubah kata menjadi bentuk dasar).

Setelah itu, sistem menghitung kemiripan antara kasus baru dan seluruh kasus pada basis data menggunakan rumus *Cosine Similarity* berikut:

Proses perhitungan TF-IDF (*term frequency – inverse dokument frequency*) untuk mengekstraksi fitur kata dari setiap deskripsi kerusakan mesin pesawat. Bobot *term* dihitung berdasarkan frekuensi lokal (TF) dan distribusi global (IDF) sebagaimana dijelaskan pada Persamaan (1)–(3).

a. Term Frequency (TF)

Mengukur seberapa sering kata t muncul dalam dokumen d :

$$tf_{t,d} = f_{t,d} \quad (1)$$

b. *Inverse Document Frequency (IDF)*

Mengukur seberapa penting kata tersebut dalam keseluruhan corpus (100 kasus dalam *case base*):

$$idf_t = \log \frac{N}{df_t} \quad (2)$$

c. *TF-IDF Weight*

Gabungan dari TF dan IDF untuk mendapatkan bobot akhir setiap kata dalam dokumen:

$$W_{t,d} = tf_{t,d} \cdot idf_t \quad (3)$$

Setelah setiap dokumen dikonversi menjadi vektor TF-IDF, sistem menghitung *Cosine Similarity* antara *query vector Q* dan setiap *case vector D_i*:

$$Sim(Q, D_i) = \frac{\sum_{t=1}^n (w_{t,Q} \cdot w_{t,D_i})}{\sqrt{\sum_{t=1}^n w_{t,Q}^2} \cdot \sqrt{\sum_{t=1}^n w_{t,D_i}^2}} \quad (4)$$

di mana

$w_{t,Q}$: bobot TF-IDF dari kata ke-t dalam query

w_{t,D_i} : bobot TF-IDF dari kata ke-t dalam dokumen ke-i

$w_{q,i}$ dan $w_{d,i}$ masing-masing merepresentasikan bobot TF-IDF kata ke-i pada query dan dokumen kasus, dan n adalah jumlah fitur kata.

2. **Reuse:**

Sistem mengambil *top-N* kasus (misal $N=3$) dengan nilai kemiripan tertinggi dan menampilkan solusi perbaikan yang disarankan.

3. **Revise:**

Solusi yang ditampilkan diverifikasi oleh teknisi senior untuk menilai kesesuaian terhadap kondisi kerusakan aktual.

4. **Retain:**

Jika solusi dianggap sesuai, kasus baru disimpan ke basis data agar dapat digunakan untuk konsultasi berikutnya.

Pendekatan ini sejalan dengan studi yang menyoroti penerapan *knowledge reuse* dan penguatan konteks berbasis teks dalam sistem perawatan pesawat [16], [17], [18].

2.4 Evaluasi Sistem

Evaluasi dilakukan menggunakan metrik *Precision@k*, *Accuracy*, dan *Average Similarity*:

$$Precision@k = \frac{\text{Jumlah Kasus Relevan yang Ditemukan}}{\text{Total Kasus yang Ditampilkan}} \quad (5)$$

$$Accuracy = \frac{Kasus\ Tepat}{Kasus\ Total} \times 100\% \quad (6)$$

Setelah validasi fungsional dilakukan dengan menggunakan query identik, pengujian generalisasi dilaksanakan untuk mengevaluasi robustnes sistem terhadap variasi bahasa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem

Sistem dikembangkan menggunakan Python dengan library *scikit-learn* untuk proses TF-IDF dan *Cosine Similarity*. Antarmuka berbasis *web chatbox* dikembangkan agar teknisi junior dapat berinteraksi dengan sistem secara intuitif.

3.2 Hasil Pengujian Kemiripan Kasus

3.2.1. Functional Testing

Pengujian sistem dilakukan menggunakan 10 kasus uji terhadap 100 kasus yang tersedia pada *case base*. Evaluasi mengikuti empat tahapan utama dalam *Case-Based Reasoning (CBR)*, yaitu *Retrieve*, *Reuse*, *Revise*, dan *Retain*. Pada tahap *Retrieve*, sistem menggunakan pembobotan TF-IDF dan pengukuran kemiripan berbasis *Cosine Similarity* untuk mencocokkan masukan pengguna dengan kasus yang relevan.

Tabel 2. Functional Testing

No	Query	Top-1 Case ID	Top-1 Solution	Sim(%)	Top-3 IDs	Ground Truth	CBR Match
1	Oil bocor di bagian depan	C208B-017	<i>Crankshaft seal damage</i>	81.4	017,037,029	017	Yes
2	Akselerasi tidak benar	C208B-028	<i>Carburetor blockage</i>	100.0	028,010,027	028	Yes
3	Starter motor tidak memutar crankshaft	C208B-031	<i>Starter motor shaft broken</i>	95.4	031,039,040	031	Yes
4	Fuel indicator kosong	C208B-032	<i>Empty fuel tank</i>	53.1	032,001,020	032	Yes
5	Gumpalan es pada pitot tube	C208B-032	<i>Heater element failure</i>	67.4	032,030,012	032	Yes
6	Oil pressure tinggi	C208B-036	<i>Relay valve failure</i>	85.7	006,018,012	006	Yes
7	Pergerakan shaft tidak sempurna	C208B-044	<i>Connecting rod loose</i>	94.4	014,012,002	014	Yes
8	CHT max & kecepatan berkurang	C208B-064	<i>Piston corrosion</i>	65.2	004,003,012	004	Yes
9	Mesin runs lean saat jelajah	C208B-021	<i>Carburetor failure</i>	78.0	021,023,016	021	Yes

10	Vibrasi saat high speed	C208B-016	<i>Loose bolt / rubber bushing</i>	89.0	016,015,024	016	Yes
----	-------------------------	-----------	------------------------------------	------	-------------	-----	-----

Tabel 3. *Performance* Hasil Pengujian Fungsional

<i>Metric</i>	<i>Value</i>
<i>Number of test cases</i>	10
<i>Top-1 Accuracy</i>	100%
<i>Precision@3</i>	100%
<i>Average Cosine Similarity</i>	81.7%
<i>Cases retained</i>	10 / 10

Seluruh kasus uji memperoleh kecocokan yang benar pada tingkat Top-1, yang menunjukkan bahwa tahap *Retrieve* menggunakan TF-IDF dan *Cosine Similarity* bekerja secara efektif. Karena query pengujian identik dengan kasus yang ada, tahap *Reuse* dan *Revise* juga menghasilkan akurasi 100%. Semua kasus berhasil disimpan kembali (*Retain*), menegaskan kemampuan sistem dalam *learning from experience*. Setelah validasi fungsional dilakukan menggunakan query identik, pengujian generalisasi dilaksanakan untuk mengevaluasi robustnes sistem terhadap variasi bahasa.

3.2.2. Generalization Testing

Setelah validasi fungsional, dilakukan pengujian generalisasi untuk menilai *robustness* sistem terhadap variasi bahasa. Pada tahap ini, query pengguna diparafrase untuk mensimulasikan kondisi nyata di mana deskripsi kerusakan disampaikan dengan gaya bahasa yang berbeda.

Tabel 4. *Generalization Testing*

No	Modified Query	Top-1 ID	Top-1 Solution	Sim (%)	Top-3 IDs	Ground Truth	Match
1	Ada kebocoran oli di bagian depan mesin	C208B-017	<i>Crankshaft seal damage</i>	75.2	017,037,029	017	Yes
2	Akselerasi mesin terasa tidak normal	C208B-028	<i>Carburetor blockage</i>	91.3	028,010,027	028	Yes
3	Saat starter, mesin tidak ikut berputar	C208B-031	<i>Starter motor shaft broken</i>	88.6	031,039,040	031	Yes
4	Indikator bahan bakar tidak menunjukkan isi	C208B-032	<i>Empty fuel tank</i>	47.5	032,001,020	032	Yes
5	Pitot tube membeku, pemanas tidak berfungsi	C208B-032	<i>Heater element failure</i>	63.4	032,030,012	032	Yes
6	Tekanan oli terlalu tinggi	C208B-036	<i>Relay valve failure</i>	79.0	006,018,012	006	Yes
7	Pergerakan poros tidak stabil	C208B-044	<i>Connecting rod loose</i>	88.2	014,012,002	014	Yes
8	Suhu CHT maksimal dan	C208B-064	<i>Piston corrosion</i>	59.7	004,003,012	004	Yes

	kecepatan menurun						
9	Mesin kekurangan bahan bakar saat jelajah	C208B-021	<i>Carburetor failure</i>	71.2	021,023,016	021	Yes
10	Getaran tinggi saat kecepatan tinggi	C208B-016	<i>Loose bolt / rubber bushing</i>	82.4	016,015,024	016	Yes

Tabel 5. *Performance* hasil pengujian generalisasi

Metric	Value
Number of test cases	10
Top-1 Accuracy	100%
Precision@3	100%
Average Cosine Similarity	74.7%

Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan nilai similarity dari 81.7% menjadi 74.7% pada saat pengujian generalisasi. namun sistem tetap menghasilkan 100% Top-1 Accuracy. Hal ini mengindikasikan bahwa struktur kalimat pada domain troubleshooting mesin pesawat relatif stabil sehingga pendekatan berbasis Cosine Similarity masih sangat efektif. Temuan ini sejalan dengan studi terdahulu yang menunjukkan efektivitas retrieval berbasis leksikal pada domain teknik.

3. 3.3 Diskusi

Performa sistem menunjukkan bahwa pendekatan berbasis teks dapat diandalkan dalam membantu teknisi memahami pola kerusakan berulang pada mesin pesawat. Kendati demikian, terdapat beberapa keterbatasan:

- Sistem belum menerapkan semantic embedding (misalnya BERT/SBERT) untuk pemahaman konteks yang lebih dalam.
- Dataset masih terbatas pada 100 kasus. Perlu diperluas untuk memperbaiki generalisasi sistem.
- Validasi masih mengandalkan teknisi manusia; integrasi dengan sensor data (vibration, temperature) dapat memperkuat hasil diagnosis.

Hasil ini juga konsisten dengan penelitian Alshawkani [19] yang menunjukkan efektivitas integrasi *chatbot* dengan sistem CBR untuk pemecahan masalah berbasis dialog, serta Delen dan Crossland [20] yang menyoroti peran *text mining* dalam peningkatan akurasi sistem pendukung keputusan. Akan tetapi, penelitian ini melangkah lebih jauh dengan menambahkan pengujian generalisasi berbasis teks, yang merepresentasikan kondisi lapangan lebih realistis.

Dari sisi praktis, sistem ini berpotensi menjadi alat bantu pengambilan keputusan bagi teknisi dalam tahap awal diagnosis kerusakan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi proses *aircraft maintenance* serta mengurangi risiko kesalahan identifikasi.

KESIMPULAN

Sistem mencapai Top-1 Accuracy sebesar 100% dan Precision@3 sebesar 100% pada pengujian fungsional maupun generalisasi. dengan rata-rata similarity masing-masing 81.7% dan 74.7%. Hasil ini menunjukkan efektivitas metode CBR berbasis TF-IDF dan *Cosine Similarity* dalam mendukung proses diagnosis kerusakan mesin pesawat.

SARAN

Integrasi *semantic similarity* berbasis *SBERT*, peningkatan jumlah dataset, serta penerapan *hybrid reasoning* dengan data numerik sensor mesin agar sistem semakin adaptif dan cerdas

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Chen et al., “Case-Based Reasoning System for Aeroengine Fault Diagnosis,” *Applied Sciences*, vol. 12, no. 10, pp. 10045–10060, 2022.
- [2] N. Azevedo et al., “Developing Troubleshooting Chatbots for Technical Maintenance,” *Applied Sciences*, 2023.
- [3] X. Li et al., “Textual Fault Diagnosis of Aircraft Engine Systems using NLP and Semantic Similarity,” *Aerospace Science and Technology*, 2024.
- [4] M. Rahman et al., “CBR for Turbofan Fault Detection using Deep Features,” *Engineering Applications of AI*, 2023.
- [5] D. Park and J. Kim, “Adaptive CBR for Industrial Machine Faults,” *Expert Systems with Applications*, 2022.
- [6] X. Zhao et al., “Hybrid NLP–CBR Model for Maintenance Knowledge Retrieval,” *IEEE Access*, 2023.
- [7] T. Lawanna, “Case-based Maintenance Model for Aircraft Systems,” *Engineering Journal*, 2023.
- [8] Y. Ortakci et al., “Investigating Transfer Learning Capacity of SBERT Models,” *Springer AI Review*, 2024.
- [9] J. Zhou et al., “Investigating Response Behavior via TF-IDF and Word2Vec,” *Expert Systems*, 2024.
- [10] Y. Li and J. Han, “CBR with Choquet Integral for Aeroengine Diagnosis,” *Applied Sciences*, 2022.
- [11] X. Xie et al., “HybridRAG for Guided Troubleshooting of Aircraft Engines,” *IEEE Transactions on AI*, 2025.
- [12] X. Zhu et al., “Knowledge Graph-Guided Retrieval-Augmented Generation,” in *Proc. NAACL*, 2025.
- [13] A. Schultheis, “Comparison of Modern CBR Frameworks,” *AI & Society*, 2023.
- [14] I. Watson, *Applying Case-Based Reasoning: Techniques for Maintenance Systems*. Morgan Kaufmann, 2020.
- [15] M. T. Keane, “DeepCBR: Combining Deep Learning and CBR,” *arXiv*, 2021.
- [16] H. Lee et al., “Knowledge Reuse in Aircraft Maintenance using CBR,” *Aerospace Science and Technology*, 2024.
- [17] S. Han et al., “Hybrid TF-IDF and Embedding Approach for Technical Text Retrieval,” *IEEE Access*, 2024.
- [18] N. Rahmawati et al., “Implementasi CBR untuk Diagnosa Mesin Industri,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 2023.
- [19] K. Alshawkani, “Chatbot Dialogue Breakdown Solutions,” *Knowledge-Based Systems*, 2025.
- [20] D. Delen and M. Crossland, “Text Mining in Business Intelligence,” *Expert Systems with Applications*, 2023.