

IDENTIFICATION OF DAMAGE GEAR LANDING SYSTEM OF CESSNA AIRCRAFT

Angga Ardi Anggoro

Jurusan Teknik Dirgantara-Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta
aaanggardiala@gmail.com

Abstract

Designing a system to identify damage based on damage symptom data, so as to get repair handling in accordance with the procedure using a forward chaining expert system, where the expert system is one of the computer systems that aims to solve problems by imitating the human mindset as an expert applied to one of them. Aircraft components that are frequently maintained and damaged are found, namely the landing gear of the Cessna Grand Caravan C208-B aircraft. In the process of making the damage identification system in this final project, the UML (Unified Modeling Language) modeling paradigm and the PHP programming language are used. From the research results, the landing gear damage identification system of the Cessna Grand Caravan C208-B aircraft using a forward chaining expert system can facilitate the search for damage and handling for users or technicians in dealing with a symptom that occurs in the landing gear of the Cessna Grand Caravan C208-B aircraft.

Keyword: Expert System, Forward Chaining, Landing Gear, PHP

1. Latar Belakang

Perawatan merupakan hal yang mutlak dilaksanakan oleh operator pesawat terbang. Tujuan program perawatan pesawat terbang adalah untuk menjaga kelaikan terbang, dan keamanan yang tinggi pada pesawat tersebut, sehingga tidak menimbulkan kerugian materil maupun non-materil. Proses penjagaan kelaikan pesawat dimulai sejak tahap desain, tahap pengembangan, sertifikasi, dan berlanjut terus pada saat pesawat dioperasikan. Kegiatan perawatan tersebut telah diatur oleh pihak manufaktur pesawat kepada operator, yakni Maintenance Planning Document (MPD) yang berisikan deskripsi pekerjaan yang dilakukan, area atau zona dilakukannya pekerjaan, waktu pengerjaan (manhours). Pelaksanaan item-item kegiatan perawatan tersebut bersifat wajib, namun dapat berubah berdasarkan pengalaman lapangan yang sebenarnya, seperti: Pengalaman operator lain, kondisi operasi, lingkungan operasi pesawat terbang [1]. Salah satu sistem pada pesawat terbang yang sering dilakukan perawatan maupun ditemukannya kerusakan adalah landing gear. Landing gear merupakan komponen yang menopang pesawat saat melakukan pergerakan di ground serta merupakan komponen yang fungsinya sangat vital ketika pesawat melakukan take-off dan landing, untuk itu perawatan maupun perbaikan pada bagian landing gear harus dilakukan secara teliti dan sesuai prosedur, dengan cara mengetahui dari gejala kerusakan maupun data-data kerusakan sebelumnya dengan tujuan perbaikan mencapai keberhasilan. Untuk itu diperlukan suatu sistem yang dapat digunakan oleh teknisi pesawat terbang dalam melakukan identifikasi kerusakan yang sesuai dengan data gejala kerusakan [2].

Dalam melakukan tindakan tersebut maka sistem pakar dapat digunakan, dimana sistem pakar merupakan salah satu sistem komputer yang bertujuan memecahkan persoalan dengan meniru pola pikir manusia sebagai seorang pakar. Sistem pakar bekerja dengan menggabungkan basis pengetahuan (Knowledge Base), kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) dan mesin pengambil keputusan (Inference Engine). Program dalam sistem ini bertindak seperti seorang konsultan berdasarkan himpunan pengetahuan yang telah diperoleh

dari satu atau beberapa orang pakar. Metode yang biasa digunakan pada sistem pakar dengan tujuan mencari jawaban dari beberapa kriteria adalah forward chaining, backward chaining. Fungsi dari metode pakar yang digunakan adalah pelacakan kedepan (forward chaining) dimana metode ini akan mulai bekerja dengan data yang tersedia dan menggunakan aturan-aturan inferensi untuk mendapatkan data yang lain sampai sasaran atau kesimpulan didapatkan. Forward chaining adalah konsep umum dari pemikiran yang dikendalikan oleh data (data-driven) yaitu, pemikiran yang fokus perhatiannya dimulai dari data yang diketahui [4][5].

Program perawatan terbang yang dikembangkan oleh industri penerbangan menggunakan dua pendekatan dasar, yakni: pendekatan yang berorientasi pada proses, dan pendekatan yang berorientasi pada tugas (task). Perbedaan dari dua metode ini yaitu dari sikap terhadap tindakan pemeliharaan dan cara tindakan perawatan ditentukan serta ditetapkan ke komponen dan sistem. Pendekatan yang berorientasi pada pemeliharaan menggunakan tiga proses pemeliharaan untuk menyelesaikan kegiatan perawatan, yaitu hard time (HT), on condition (OC), condition monitoring (CM) [6] [7]. Pendekatan yang berorientasi pada tugas perawatan menggunakan tugas pemeliharaan (maintenance task) yang telah ditentukan guna menghindari terjadinya kegagalan pada komponen ataupun system dari pesawat itu sendiri.

Ada dua jenis perawatan (pemeliharaan) pesawat terbang, yaitu:

a. Schedule Maintenance (Perawatan Terjadwal)

Perawatan terjadwal yang dilakukan pada pesawat terbang berdasarkan jam terbang ataupun kalender. Schedule Maintenance ini terdiri dari :

- Preventive Maintenance

Dilakukan dengan pengecekan secara berkala dalam jangka waktu yang telah ditentukan, perbaikan dilakukan secara terencana pada kerusakan yang terjadi. Preventive maintenance dilakukan untuk menjaga setiap part dari pesawat agar selalu dalam kondisi laik.

- Corrective maintenance

Merupakan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki komponen yang mengalami kerusakan. Corrective maintenance ini dibagi menjadi dua, yaitu: Minor reparation, yaitu kegiatan perawatan yang berupa perbaikan-perbaikan kecil dan Overhaul, yaitu kegiatan perawatan atau perbaikan secara keseluruhan dan dilakukan secara mendetail.

b. Unschedule maintenance (Perawatan Tidak Terjadwal)

Merupakan jenis perawatan yang tidak terjadwal dan ditemukan kerusakan (finding failure) secara tiba-tiba. Unschedule maintenance sering sekali membuat pengoperasian pesawat terbang terganggu, hal ini terjadi dikarenakan kerusakan yang terjadi pada pesawat terbang tidak diperkirakan sebelumnya.

Kegiatan perawatan pesawat terbang dibedakan menjadi beberapa levels (tingkatan), diantaranya :

a. Light maintenance (Line maintenance)

Merupakan perawatan tingkat ringan yang dilakukan pada pesawat terbang dan tidak memerlukan waktu yang lama. Pada line maintenance, terdapat maintenance control center (MCC) yang mengkoordinir semua kegiatan perawatan pada flight line. Line maintenance bertugas melakukan support terhadap pengoperasian pesawat pada suatu bandar udara.

b. Heavy maintenance (Base maintenance)

Merupakan perawatan pesawat terbang yang perlu dilakukan di Hangar perawatan, karena memerlukan waktu yang cukup lama dan tenaga kerja (manpower) yang memiliki

license khusus. Base maintenance ini sifatnya oriented karena memiliki manpower dan fasilitas pendukung yang memadai sehingga mampu melaksanakan semua macam pekerjaan perawatan

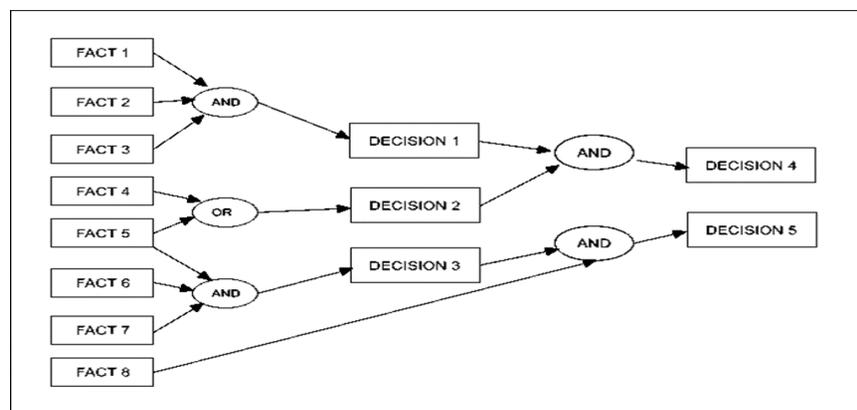
2. Metodologi Penelitian

Forward chaining adalah teknik pencarian yang dimulai dengan fakta yang diketahui, kemudian mencocokkan fakta-fakta tersebut dengan bagian IF dari rules IF-THEN. Bila ada fakta yang cocok dengan bagian IF, maka rule tersebut dieksekusi. Bila sebuah rule dieksekusi, maka sebuah fakta baru (bagian THEN) ditambahkan ke dalam database. Setiap kali pencocokan, dimulai dari rule teratas. Setiap rule hanya boleh dieksekusi sekali saja. Proses pencocokan berhenti bila tidak ada lagi rule yang bisa dieksekusi [8][9]. Adapun tipe sistem yang dapat menggunakan teknik pelacakan forward chaining, yakni :

Sistem yang direpresentasikan dengan satu atau beberapa kondisi.

- Setiap rule dapat menghasilkan kondisi baru dari konklusi yang diminta pada bagian then. Kondisi baru ini dapat ditambahkan ke kondisi lain yang sudah ada.
- Setiap kondisi yang ditambahkan ke sistem akan diproses. Jika ditemui suatu kondisi, sistem akan kembali ke langkah 2 dan mencari rule-rule dalam knowledge base kembali. Jika tidak ada konklusi baru, sesi ini berakhir.

Kelebihan dari forward Chaining adalah Kelebihan utama dari forward chaining yaitu metode ini akan bekerja dengan baik ketika problem bermula dari mengumpulkan atau menyatukan informasi lalu kemudian mencari kesimpulan apa yang dapat diambil dari informasi tersebut. Metode ini mampu menyediakan banyak sekali informasi dari hanya jumlah kecil data. Adapun diagram sistem pakar forward chaining dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut :



Gambar 1. Diagram Forward Chaining Pelacakan ke Depan

Faktor kepastian (certainty factor) merupakan pernyataan dalam sebuah kejadian (fakta atau hipotesis) berdasarkan bukti atau penilaian pakar. Certainty factor menggunakan suatu nilai untuk mengasumsikan derajat kepercayaan seorang pakar terhadap suatu data. Metode ini sangat cocok dalam sistem pakar untuk mengukur sesuatu apakah pasti atau tidak pasti dalam mendiagnosa. Adapun beberapa istilah yang dipakai dalam metode certainty factor, yaitu:

- Evidence
Fakta atau gejala yang mendukung hipotesa, misal gejala kerusakan.
- Hipotesa
Hasil yang dicari atau hasil yang didapat dari gejala-gejala, misal kerusakan.
- CF [H, E]
Certainty factor dari hipotesis H yang dipengaruhi oleh gejala (evidence) E.

- Besarnya CF berkisar antara -1 sampai dengan 1 dan nilai -1 menunjukkan ketidakpercayaan, sedangkan nilai 1 menunjukkan kepercayaan mutlak.
- MB
Merupakan ukuran kepercayaan (measure of increased belief), $0 \leq MB \leq 1$.
- MD
Merupakan ukuran ketidakpercayaan (measure of increased disbelief), $0 \leq MD \leq 1$.
Berikut daftar rumus CF berdasarkan fakta atau gejala yang diketahui:
 $CF [H, E] = MB [H, E] - MD [H, E]$

Rumus ini berlaku, jika data yang diketahui adalah 1 hipotesa mempunyai 1 evidence, 1 MB dan 1 MD, maka hasil yang dicari adalah besarnya kepercayaan (CF) pada hipotesa ini. Dimana:

- $CF [H, E]$: CF dari hipotesis yang dipengaruhi evidence.
- $MB (H, E)$: Besar kepercayaan hipotesis per evidence.
- $MD (H,E)$: Besar ketidakpercayaan hipotesis per evidence.
- $CF [H, E] = (CF [E] \div CF [RULE]) \times 100$

Rumus ini berlaku, jika data yang diketahui adalah 1 hipotesa mempunyai 1 CF rule, 1 evidence, dan 1 CF evidence. Maka hasil yang dicari adalah besarnya kepercayaan (CF) pada hipotesa ini. Dimana:

- $CF [H, E]$: CF dari hipotesis yang dipengaruhi evidence.
- $CF [E]$: Besar CF dari evidence.
- $CF [RULE]$: Besar CF dari seorang pakar.
- $CF [H, E] = \text{MIN} \{ CF[E1] | CF [E1] | CF [En] \} * CF [RULE]$

Rumus ini berlaku, jika data yang diketahui adalah 1 hipotesa mempunyai 1 CF rule, lebih dari 1 evidence dan lebih dari 1 CF evidence, serta menggunakan rule konjungsi seperti IF E1 AND E2 AND En, THEN H. Maka hasil yang dicari adalah besarnya kepercayaan (CF) pada hipotesa ini. Dimana:

- $CF [H, E]$: CF dari hipotesis yang dipengaruhi evidence.
- $CF [E]$: Besar CF dari evidence.
- $CF [RULE]$: Besar CF dari seorang pakar.
- $CF [H, E] = \text{MAX} \{ CF[E1] | CF [E1] | CF [En] \} * CF [RULE]$

Rumus ini berlaku, jika data yang diketahui adalah 1 hipotesa mempunyai 1 CF rule, lebih dari 1 evidence dan lebih dari 1 CF evidence, serta menggunakan rule disjungsi seperti IF E1 OR E2 OR En, THEN H. Maka hasil yang dicari adalah besarnya kepercayaan (CF) pada hipotesa ini. Dimana:

- $CF [H, E]$: CF dari hipotesis yang dipengaruhi evidence
- $CF [E]$: Besar CF dari evidence
- $CF [RULE]$: Besar CF dari seorang pakar

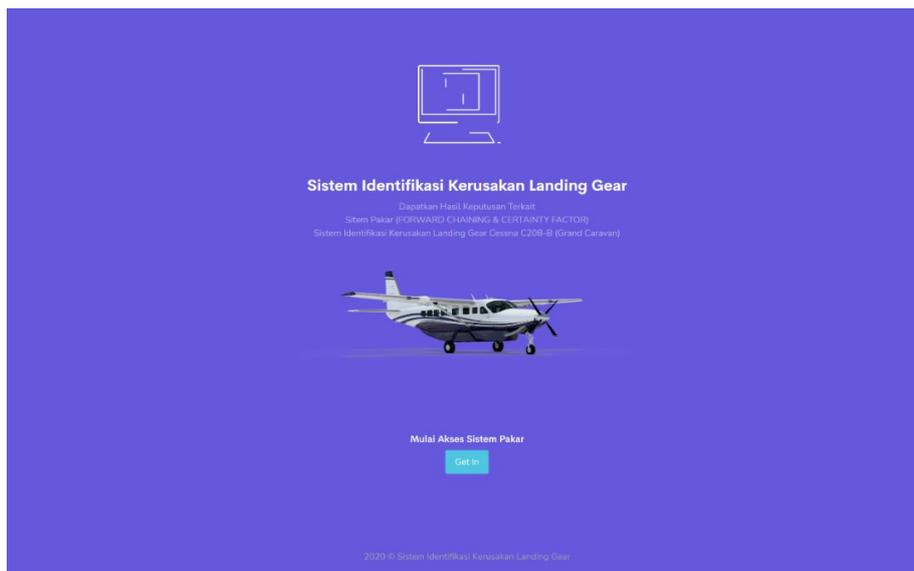
Perancangan sistem yang dibuat selanjutnya akan dianalisa agar penerapan sistem dengan forward chaining sesuai dengan yang diharapkan. yaitu sesuai antara perhitungan yang dilakukan secara manual dengan perhitungan yang dimasukkan kedalam program sehingga menghasilkan nilai yang tidak jauh berbeda dengan yang diinginkan. Sehingga merancang tampilan antar muka (interface) yang digunakan pada aplikasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Kebutuhan dalam implementasi suatu sistem dapat diketahui cara kerja suatu sistem yang dijalankan, apakah telah berjalan dengan baik atau tidak. Program ini dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman *PHP*. Berdasarkan analisis dari desain sistem yang telah dilakukan maka telah diimplementasikan sebuah sistem identifikasi kerusakan menggunakan algoritma sistem pakar *forward chaining* untuk mengidentifikasi kerusakan *landing gear* pada pesawat Cessna.

a. Implementasi *Landing Page*

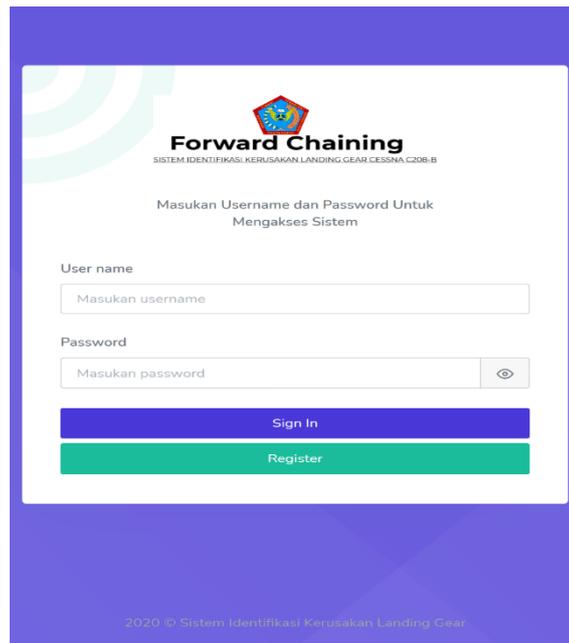
Implementasi *landing page* merupakan tampilan awal pada program apabila dijalankan. Pada tampilan ini pengguna akan disediakan sebuah tombol “Get In” untuk masuk kedalam menu *login*. Tampilan *landing page* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tampilan *Landing Page*

b. Implementasi Menu *Login*

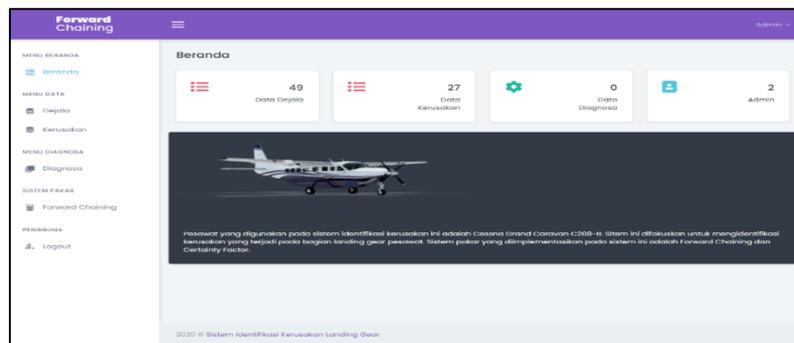
Implementasi Menu *Login* berfungsi untuk mengakses ke menu-menu pada sistem identifikasi kerusakan *landing gear*, pada menu *login* pengguna memasukkan *username* dan *password* yang telah ada, baik sebagai admin maupun *user* biasa. Tampilan menu *login* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Menu *Login*

c. Implementasi Menu *Dashboard*

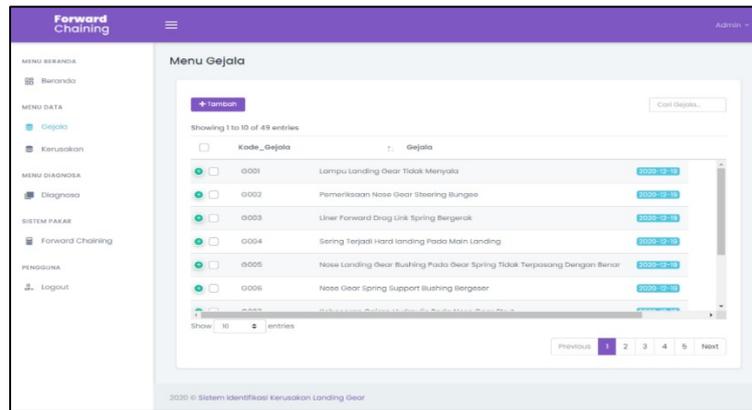
Implementasi menu *dashboard* merupakan tampilan yang disediakan pada sistem untuk menampilkan informasi jumlah data kerusakan, data gejala, data diagnosa dan jumlah data pengguna. Serta informasi mengenai sistem identifikasi kerusakan *landing gear* pesawat Cessna Grand Caravan C208B yang dapat dilihat oleh admin maupun *user*. Tampilan menu *dashboard* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Menu *Dashboard*

d. Implementasi Menu Gejala

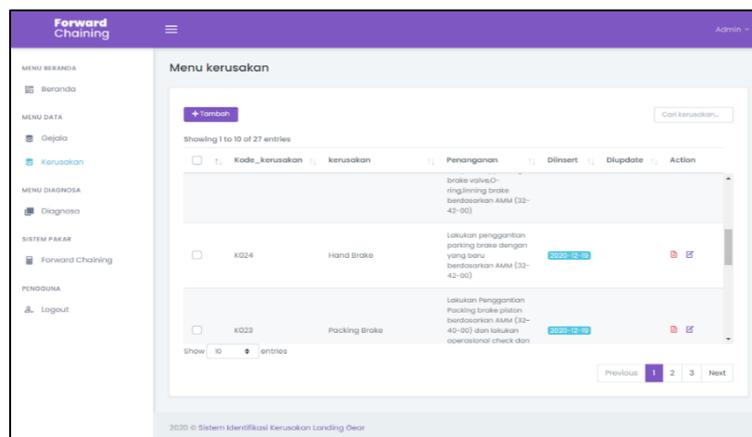
Implementasi menu gejala merupakan tampilan yang digunakan untuk melihat daftar gejala, menambah, menghapus, mengedit data gejala pada sistem identifikasi kerusakan *landing gear*. Tampilan menu gejala dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4. Tampilan Menu Gejala

e. Implementasi Menu Kerusakan

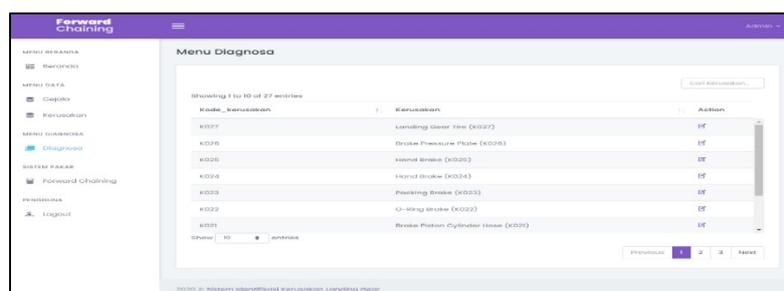
Implementasi menu Kerusakan merupakan tampilan yang digunakan untuk melihat daftar kerusakan dan penanganan, menambah, menghapus, mengedit data kerusakan dan penanganan pada sistem identifikasi kerusakan *landing gear*. Tampilan menu kerusakan dapat dilihat pada gambar 5.



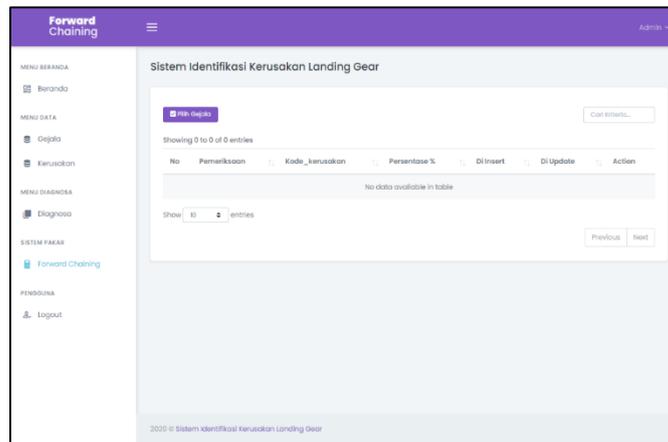
Gambar 5. Tampilan Menu Kerusakan

f. Implementasi Menu Diagnosa

Implementasi menu diagnosa merupakan tampilan untuk memilih relasi antara data gejala dengan data kerusakan dan penanganan. Tampilan awal menu diagnosa dapat dilihat pada gambar 4.6, dimana terdapat daftar kerusakan yang telah diinputkan pada menu kerusakan serta terdapat tombol "action" untuk mengakses tampilan form diagnosa untuk memilih relasi gejala dengan kerusakan. Tampilan form diagnosa dapat dilihat pada gambar 7.

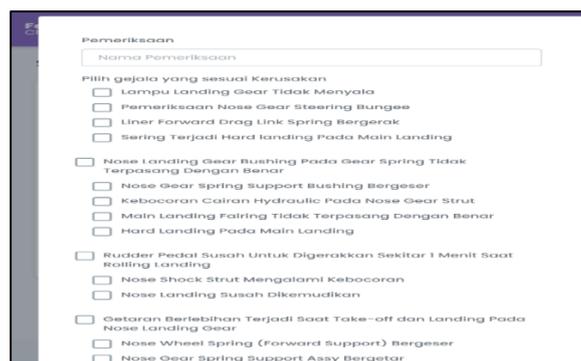
Gambar 6. Tampilan Menu Diagnosa Implementasi Menu *Forward Chaining*

Implementasi Menu *Forward Chaining* merupakan tampilan yang digunakan untuk melakukan proses identifikasi kerusakan. Tampilan menu *forward chaining* dapat dilihat pada gambar 7



Gambar 7. Tampilan Menu *Forward Chaining*

Pengguna dapat memilih tombol “pilih gejala” untuk memasukkan nama pemeriksaan, serta memilih gejala yang terjadi pada *form* pilih gejala. Tampilan form pilih gejala dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Tampilan *Form* Pilih Gejala

Pengguna dapat melihat hasil detail *forward chaining* dengan memilih tombol “action” untuk masuk ke dalam menu laporan *forward chaining*. Berikut ini merupakan pembahasan fungsi untuk mengetahui hasil yang diharapkan dari sistem dapat sesuai dengan hasil pengujian ketika sistem dijalankan. Pembahasan fungsionalitas dapat dilihat pada tabel 1.

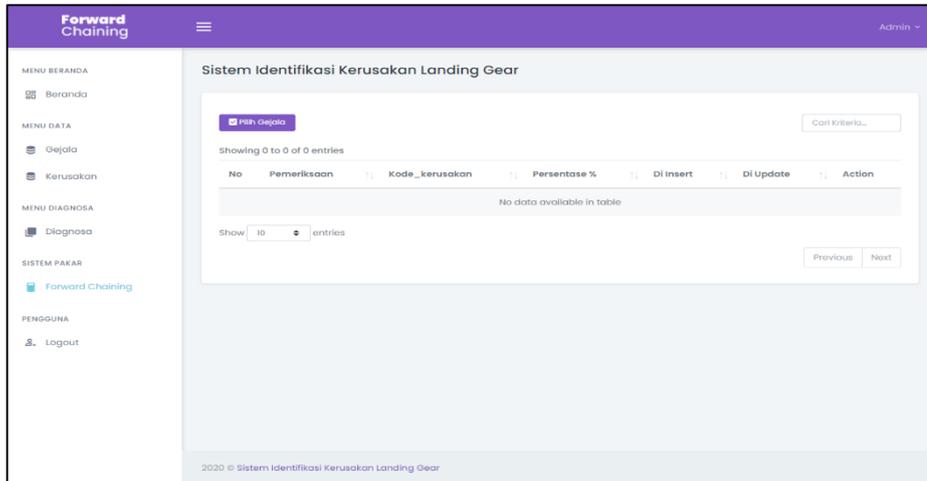
Tabel 1. Tabel Uji Fungsi Sistem

No	Kasus Uji	Kegiatan	Hasil yang Diharapkan	Hasil dari Sistem	Keterangan
1	<i>Login Admin</i>	Admin memasukkan <i>username</i> dan <i>password</i>	Masuk kedalam sistem	Masuk ke dalam sistem	Valid

2	Melihat, menambahkan, dan mengedit data gejala	Admin memilih tombol “tambah” untuk membuka form data gejala, memasukkan kode gejala dan nama gejala	Data dapat tersimpan dan dapat dilihat pada halaman menu data gejala	Data tersimpan dan terlihat pada halaman menu data gejala	Valid
3	Melihat, menambahkan, dan mengedit data kerusakan	Admin memilih tombol “tambah” untuk membuka form data kerusakan, memasukkan kode gejala, nama gejala dan penanganan	Data dapat tersimpan dan dapat dilihat pada halaman menu data kerusakan	Data tersimpan dan terlihat pada halaman menu data kerusakan	Valid
4	Melihat data kerusakan dan melakukan relasi antara gejala dengan kerusakan pada menu diagnosa	Admin memilih relasi antara gejala yang sesuai dengan kerusakan	Data dapat tersimpan pada menu diagnosa dan terlihat pada masing-masing data kerusakan	Data tersimpan pada menu diagnosa dan terlihat pada masing-masing data kerusakan	Valid
5	Admin melakukan identifikasi kerusakan	Admin memilih tombol “pilih gejala” pada menu <i>forward chaining</i> dan memasukkan nama pemeriksaan serta memilih gejala pada form pilih gejala	Data dapat tersimpan dan terlihat pada menu <i>forward chaining</i>	Data tersimpan dan terlihat pada menu <i>forward chaining</i>	Valid
6	<i>Login User</i>	<i>User</i> memasukkan <i>username</i> dan <i>password</i>	Masuk kedalam sistem	Masuk ke dalam sistem	Valid
7	<i>User</i> melakukan identifikasi kerusakan	<i>User</i> memilih tombol “pilih gejala” pada menu <i>forward chaining</i> dan memasukkan nama pemeriksaan serta memilih gejala pada form pilih gejala	Data dapat tersimpan dan terlihat pada menu <i>forward chaining</i>	Data tersimpan dan terlihat pada menu <i>forward chaining</i>	Valid

g. Uji Fungsi Hasil Identifikasi

Berikut merupakan pengujian fungsi sistem identifikasi kerusakan *landing gear* pada pesawat cessna grand caravan C-208B dengan cara mengidentifikasi gejala untuk mengetahui kerusakan yang terjadi beserta penanganannya. Langkah awal yang dilakukan adalah pengguna masuk kedalam menu *forward chaining*. Tampilan menu *forward chaining* dapat dilihat pada gambar 9.



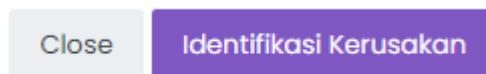
Gambar 9 Tampilan Menu *Forward Chaining*

Kemudian pengguna dapat meng-klik tombol “pilih gejala” pada sisi kiri atas halaman menu *forward chaining*. Tampilan tombol “pilih gejala” dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Tombol Pilih Gejala

Setelah melakukan proses pemilihan gejala pengguna dapat menyimpan data proses tersebut dengan mengklik tombol “identifikasi kerusakan” yang dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Tombol Identifikasi Kerusakan

Maka hasil identifikasi akan terlihat pada halaman tabel menu *forward chaining* seperti pada gambar 12

Sistem Identifikasi Kerusakan Landing Gear

Pilih Gejala

Cari Kriteria...

Showing 1 to 1 of 1 entries

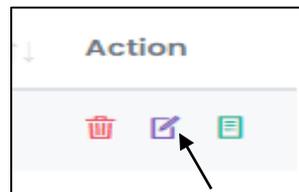
No	Pemeriksaan	Kode_kerusakan	Persentase %	Di Insert	Di Update	Action
1	Gejala 1	K001	100.00	2021-01-10		

Show 10 entries

Previous 1 Next

Gambar 12. Data Hasil Identifikasi

Pada gambar tersebut tertulis bahwa untuk pemeriksaan gejala 1 (satu) mempunyai kode kerusakan K001 dan persentase sebesar 100%, untuk melihat detail hasil identifikasi pengguna dapat mengarahkan *cursor* untuk mengklik tombol *icon file* berwarna hijau pada kolom tabel *action*, untuk menghapus data dapat mengklik tombol *icon* hapus serta untuk memperbaiki data dapat mengklik *icon* perbarui berwarna ungu Tombol *action* dapat dilihat pada gambar 13



Gambar 13 Tombol Action

Setelah mengklik tombol *icon file* berwarna hijau, maka akan tampil hasil detail identifikasi berupa form yang berisikan tombol "*print*", tanggal pemeriksaan, relasi gejala dan kerusakan, persentase kerusakan, hasil diagnosa, kerusakan dan penanganan. Tampilan *form* hasil detail identifikasi dapat dilihat pada gambar 14

Forward Chaining | Gejala 1

Print

Tanggal Pemeriksaan
2021-01-10 19:31:46

Relasi Gejala dengan Kerusakan :
Gejala dengan kode [G001] sesuai dengan kode kerusakan [K001]

Persentase Kerusakan :
Kerusakan dengan kode [K001] Memiliki persentase : 100.00%

Hasil Diagnosa :
Berdasarkan Diagnosa Menggunakan Metode Forward Chaining Didapatkan Hasil Untuk : Gejala 1, Dengan Kode Kerusakan (K001) Memiliki Persentase Keyakinan : 100.00 %

Kerusakan Dan Penanganan :
Ditemukan Kerusakan Pada[Landing Gear Bulb]Penanganan Yang Disarankan[Lakukan pengecekan dan Penggantian Bulb Landing Gear berdasarkan AMM (33-40-10)]

Gambar 14 Form Hasil Detail Identifikasi

Dari hasil detail identifikasi dapat diketahui nama kerusakan yang disebabkan gejala tersebut, persentase keyakinan kerusakan, serta penanganan dari kerusakan tersebut. Perhitungan persentase keyakinan kerusakan pada pengujian adalah sebagai berikut:

$$\text{Certainty Factor} : CF = \frac{CF[E]}{CF[Rule]} \times 100$$

Keterangan:

- a. CF : Certainty Factor.

- b. CF [E] : Besar Certainty Factor dari pemilihan gejala.
- c. CF [Rule] : Besar Certainty Factor dari seorang pakar.

Hasil pengujian terhadap pemeriksaan gejala 1 (satu) yang mempunyai kode kerusakan K001 dan persentase sebesar 100% adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 CF &= \frac{\text{Besar nilai Pemilihan Gejala}}{\text{Besar nilai seorang pakar}} \times 100 \\
 &= \frac{1}{1} \times 100 \\
 &= 100
 \end{aligned}$$

4. Kesimpulan

Sistem identifikasi kerusakan landing gear mampu mengidentifikasi jenis kerusakan sesuai dengan gejala yang terjadi, dan mampu memberikan penanganan dari kerusakan yang teridentifikasi. Sistem identifikasi kerusakan landing gear pesawat Cessna Grand Caravan C208B menggunakan sistem pakar forward chaining dapat mempermudah pencarian kerusakan dan penanganan bagi pengguna atau teknisi dalam menangani suatu gejala yang terjadi pada landing gear pesawat Cessna.

Daftar Pustaka

- [1] Anugerah, D. Y. 2015. Membangun Sistem Pakar Deteksi Kerusakan Mesin Pesawat Terbang Dengan Menggunakan Metode Heuristic Hill Climbing. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto.
- [2] Dharmawan Hadi Susanto, H. (2012). Mendiagnosa Kerusakan Handphone Menggunakan Aplikasi Sistem Pakar. *Juita*, 2(1).
- [3] Dirgantara, G. R. P., Suprpto, & Rahayudi, B. (2017). Implementasi Metode Certainty Factor pada Identifikasi Kerusakan Kendaraan Bermotor Roda Dua. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(6).
- [4] Jubilee Enterprise. (2018). HTML, PHP, dan MySQL untuk Pemula. Jakarta: Penerbit PT.Elex Media Komputindo.
- [4] Jumiyan, Erni. 2019. Sistem Identifikasi Kerusakan Mesin Pada Pesawat Bravo AS202 Menggunakan Backward Chaining Berbasis Website. *Skripsi*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto.
- [5] Kusrini. (2006). Sistem Pakar Teori dan Aplikasi. Yogyakarta: C.V Andi Offset
- [6] Kusrini. (2020). Sistem Pakar - Mesin Inferensi [Video Youtube]. Diakses melalui <https://www.youtube.com/watch?v=lfVctxJmBZQ&t=2s> Indonesia Pada 18 November 2020.
- [7] Mulyani, S. (2018). Implementation Backward Chaining to Detect Damage on the Ignition of Aircraft Cessna. *SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 4.
- [8] Oktapiani, R. (2017). Penerapan Metode Forward Chaining Pada Sistem Pakar Kerusakan Komputer. *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 2.