

Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Pada Sepeda Listrik Menggunakan Metode Forward Chaining di PT. Dunia Usaha Mapan Sejahtera

Vanya Tabitha¹, Eko Purwanto, S.Kom.,M.Kom², Hanifah Permatasari, M.Kom^{3*}

¹ Program Studi Sistem Informasi
Universitas Duta Bangsa Surakarta
¹202030220@mhs.udb.ac.id

² Program Studi Sistem Informasi
Universitas Duta Bangsa Surakarta
²eko_purwanto@udb.ac.id

³Program Studi Sistem Informasi
Universitas Duta Bangsa
Surakarta
^{3*}hanifah_permatasari@udb.ac.id

Abstrak— PT Dunia Usaha Mapan Sejahtera merupakan toko sepeda listrik yang dalam mendiagnosis atau mendeteksi kerusakan sepeda listriknya masih menggunakan cara konvensional, yaitu dengan mendatangi toko secara langsung. Banyak kerusakan ringan yang sebenarnya bisa diperbaiki di rumah, namun cara ini dinilai kurang efektif dan memakan waktu. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang dapat mendiagnosa kerusakan pada sepeda listrik secara lebih efisien. Sistem pakar yang akan dirancang dan dibangun berbasis website, menggunakan metode penelitian forward chaining. Perancangan aplikasi dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP, database MySQL, dan framework Laravel. Proses blackbox testing dilakukan dengan mencoba program yang telah dibuat dan memasukkan data pada setiap form nya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pakar diagnosa kerusakan sepeda listrik berbasis website dengan metode forward chaining ini dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam mendeteksi dan memperbaiki kerusakan sepeda listrik.

Kata kunci— sistem pakar, forward chaining, blackbox

Abstract— PT Dunia Usaha Mapan Sejahtera is an electric bicycle shop that still uses conventional methods to diagnose or detect damage to its electric bicycles, namely by visiting the shop directly. Many minor damages can actually be repaired at home, but this method is considered less effective and time consuming. Therefore, a system is needed that can diagnose damage to electric bicycles more efficiently. The expert system that will be designed and built is website-based, using the forward chaining research method. The application design was carried out using the PHP programming language, MySQL database, and the Laravel framework. The black box testing process is carried out by trying the program that has been created and entering data in each form. The test results show that the website-based electric bicycle damage diagnosis expert system using the forward chaining method can work as expected, thereby increasing efficiency in detecting and repairing electric bicycle damage.

Keywords— expert system, forward chaining, blackbox.

I. PENDAHULUAN

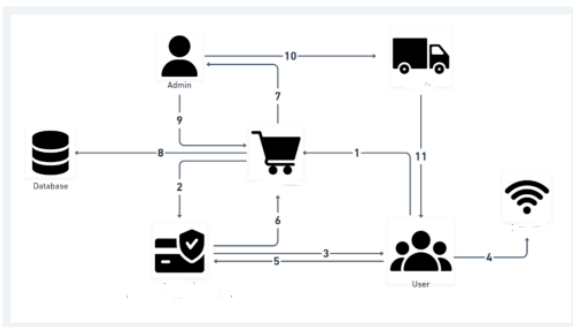
Perkembangan teknologi yang pesat telah menghasilkan banyak inovasi yang meningkatkan efisiensi waktu manusia, termasuk dalam bidang kendaraan. Sepeda konvensional kini mulai tergantikan oleh sepeda listrik, yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga mengurangi kelelahan saat bersepeda, terutama bagi lansia. Sepeda listrik, yang menggunakan motor listrik dan baterai sebagai sumber daya utama, diharapkan mampu memberikan solusi ramah lingkungan serta mengurangi beban bagi pengguna sepeda konvensional. Namun, berbagai masalah kerusakan pada sepeda listrik sering kali membingungkan pengguna dan mekanik pemula. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi melalui sistem pakar diagnosa kerusakan sepeda listrik dengan menggunakan metode forward chaining. Metode *forward chaining* adalah proses peruntukan yang dimulai dari fakta-fakta gejala yang dialami

pengguna, yang kemudian diproses untuk mencapai kesimpulan dan solusi atas kerusakan tersebut. Sistem pakar ini akan dirancang berbasis *website* dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP dan *database* MySQL, serta *framework* laravel, untuk memastikan performa dan skalabilitas yang optimal. Data dari jumlah pembelian dan keluhan pelanggan tahun 2023 akan digunakan sebagai basis untuk pengembangan sistem ini. Melalui proses blackbox testing, setiap komponen aplikasi diuji untuk memastikan semua fungsi berjalan dengan baik. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu pengguna mendeteksi dan menangani kerusakan sepeda listrik secara efektif, meningkatkan efisiensi layanan di PT Dunia Usaha Mapan Sejahtera, serta memberikan kemudahan bagi pelanggan dalam melakukan perbaikan tanpa harus selalu datang ke toko.

II. METODOLOGI PENELITIAN

SDLC adalah tahapan-tahapan pekerjaan yang dilakukan oleh analis sistem dan programmer dalam membangun sistem informasi. *Systems Development Life Cycle* (SDLC) memiliki tahapan-tahapan *planning, analysis, design, implementation,* dan *maintenance* yang sering dijadikan sebagai acuan dalam proses pembuatan dan pengembangan sistem. Pengembangan sistem yang digunakan dalam sistem ini menggunakan *Software Development Life Cycle* (SDLC), karena proses pengembangan bersifat linier atau runtut sehingga dapat meminimalisir kesalahan yang mungkin terjadi.

Pada penelitian ini, digunakan metode *forward chaining* yang dapat mempermudah dalam mengetahui kerusakan pada sepeda listrik sehingga menambah kepercayaan *user* terhadap mekanik dengan dibantu oleh *admin*.



Gambar 1 Workflow Sistem Yang Sedang Berjalan

Dari workflow dapat diambil beberapa poin yaitu sebagai berikut :

- User dapat melakukan pembuatan akun serta memilih kategori.
- Sistem pakar menghasilkan data kerusakan ke user jika ada user yang akan melakukan pemilihan kategori.
- User melakukan pengecekan secara online sesuai dengan akun yang dimiliki.
- Setelah melakukan pemilihan kategori secara online akan mengirimkan notifikasi hasil kepada user apakah kerusakan yang terjadi pada sepeda listrik.
- Admin memverifikasi data ke sistem.
- Admin dan user melihat hasil kategori melalui mekanik yang dipilih oleh user.

- Mekanik memperbaiki sepeda listrik yang dimiliki oleh user.

2.1 Analisis

Analisis adalah tahapan mengidentifikasi masalah-masalah kebutuhan user. Analisis ini meliputi analisis kelemahan sistem serta analisis kebutuhan sistem yang meliputi kebutuhan perangkat keras, kebutuhan perangkat lunak dan kebutuhan operasional jika sistem yang dirancang akan diimplementasikan dalam organisasi.

2.1.1 Analisis Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional yaitu kebutuhan yang berhubungan dengan fitur - fitur yang akan disediakan sistem kepada user, meliputi mekanik, admin, dan pengguna/user. Dimana setiap pengguna memiliki hak akses yang berbeda. Hak dari masing-masing pengguna adalah sebagai berikut :

- Login**
Merupakan fitur yang berfungsi untuk membagi hak akses pengguna sesuai dengan username dan password yang telah dimiliki.
- Kategori**
Berisi informasi tentang kategori tentang kerusakan sepeda listrik.
- Sub Kategori**
Berisi fungsi dari kategori yang lebih detail dari kategori yang sudah ada.
- Result**
Berupa fungsi yang membantu admin untuk menginformasikan result dan detail result yang bisa di baca atau menginformasikan kepada pengguna
- Detail Result**
Berisi tentang hasil dari kategori kerusakan secara detail.

2.1.2 Analisis Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non fungsional terdiri dari kebutuhan perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*Software*).

a. Kebutuhan Perangkat Keras

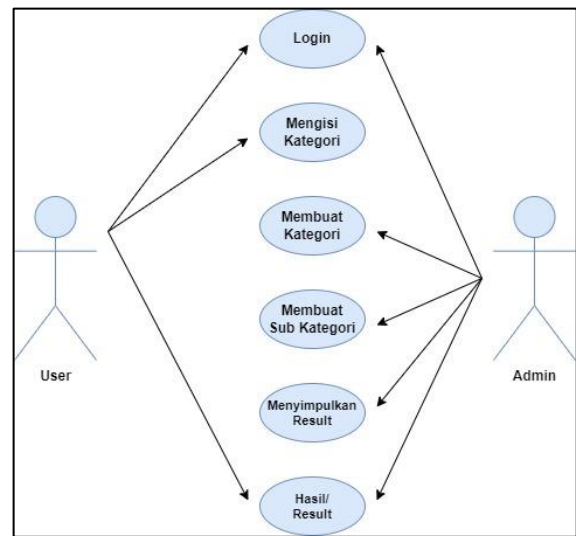
Dalam mengimplementasikan sistem informasi ini memerlukan beberapa perangkat keras. Spesifikasi perangkat keras yang dibutuhkan diantaranya :

- 1) Processor AMD atau Intel Core i3
- 2) Minimal 4GB RAM (*Random Access Memory*) atau lebih tinggi
- 3) Harddisk kapasitas 500 GB
- 4) *Keyboard* dan *Mouse*

b. Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dibutuhkan dalam mengimplementasikan sistem informasi ini diantaranya :

- 1) Sistem Operasi Windows 7/8/10, 32/63 bit
- 2) Bahasa Pemrograman PHP
- 3) *XAMPP* sebagai *web server*
- 4) *MySQL* sebagai *database*
- 5) *Web Browser* (*Chrome*, *Mozilla Firefox*, dan sebagainya)



Gambar 2 Usecase Diagram

2.2 Perancangan Proses

Perancangan proses pada sistem pakar berbasis website dengan metode forward chaining pada PT. Dunia Usaha Mandiri Sejahtera menggunakan diagram Unified Modelling Language (UML) yang meliputi perancangan Use Case Diagram, Activity Diagram, dan Class Diagram.

2.2.1 Usecase Diagram

Use Case Diagram secara grafis menggambarkan interaksi antara sistem, sistem eksternal dan pengguna. Dengan kata lain, *Use Case Diagram* dapat mendeskripsikan siapa yang akan menggunakan. Berikut ini merupakan rancangan *Use Case Diagram* sistem pakar berbasis *website* dengan menggunakan metode *payment gateway* pada PT. Dunia Usaha Mandiri Sejahtera dimana ada 2 aktor, yaitu *User* dan *Admin* :

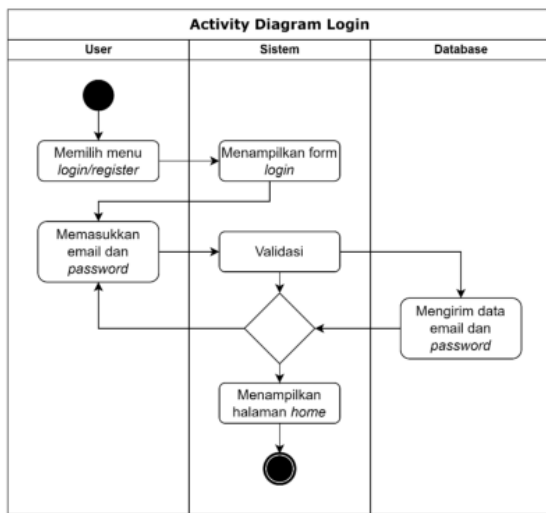
Untuk *Use Case* sistem penjualan ini memiliki dua aktor yaitu user dan admin yang memiliki hak akses sendiri - sendiri. User mempunyai hak akses untuk *input* kategori dan melakukan pengecekan kerusakan. Admin mempunyai hak akses ke semua fungsi sistem penjualan serta bertanggung jawab dalam pengelolaan data yang ada pada sistem pakar berbasis *website* dengan menggunakan metode *forward chaining* pada PT. Dunia Usaha Mandiri Sejahtera.

2.2.2 Activity Diagram

Activity diagram adalah gambaran urutan aktivitas dalam sistem yang dapat dilakukan oleh user dari awal hingga akhir sehingga dapat memberikan pemahaman secara keseluruhan.

2.2.2.1 Activity Diagram Login

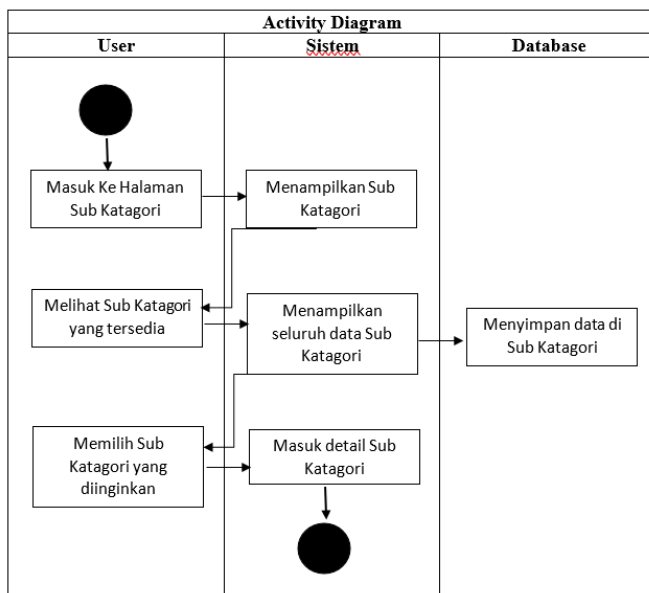
Pada gambar 3 dijelaskan bahwa kegiatan yang dilakukan user untuk memilih kategori yang diinginkan.



Gambar 3 Login

2.2.2.2 Activity Diagram Kategori

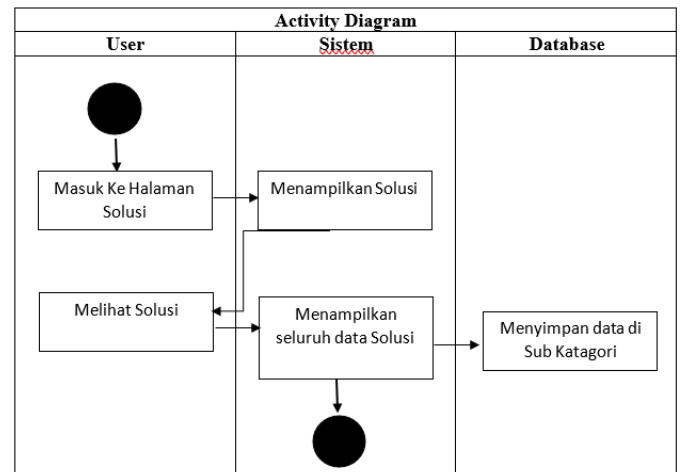
Pada gambar 4 dijelaskan bahwa proses ini merupakan sebuah kegiatan yang dilakukan user untuk melihat kategori yang diinginkan.



Gambar 4 Sub Kategori

2.2.2.3 Activity Diagram Solusi

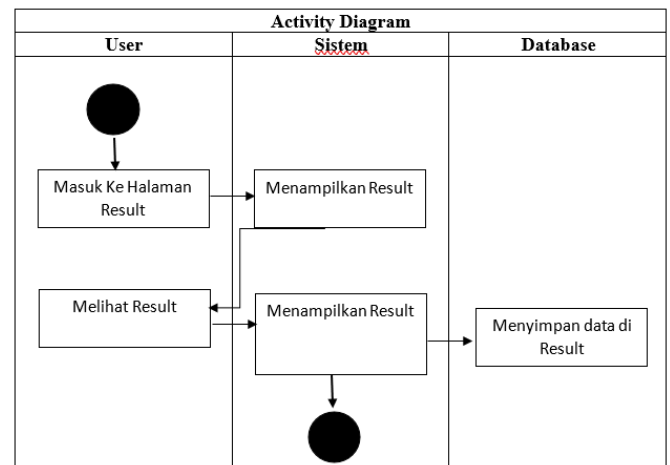
Pada gambar 5 dijelaskan kegiatan yang dilakukan user dan admin untuk melihat solusi yang diberikan.



Gambar 5 Solusi

2.2.2.4 Activity Diagram Result

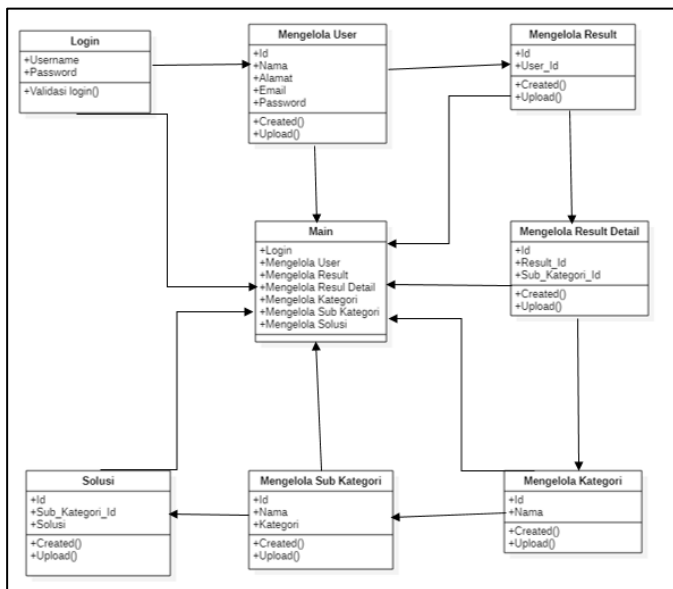
Pada gambar 6 dijelaskan kegiatan yang dilakukan user dan admin untuk melihat solusi yang diberikan secara detail.



Gambar 6 Result

2.2.3 Class Diagram

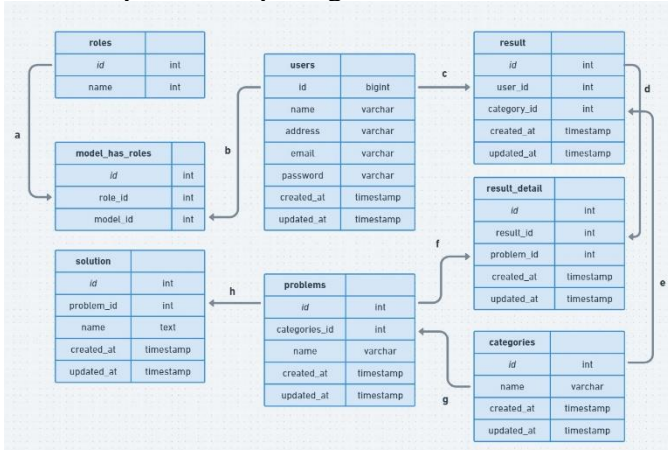
Pada gambar 7 digambarkan class diagram pada sistem.



Gambar 7 Class Diagram

2.2.4 Relasi Antar Tabel

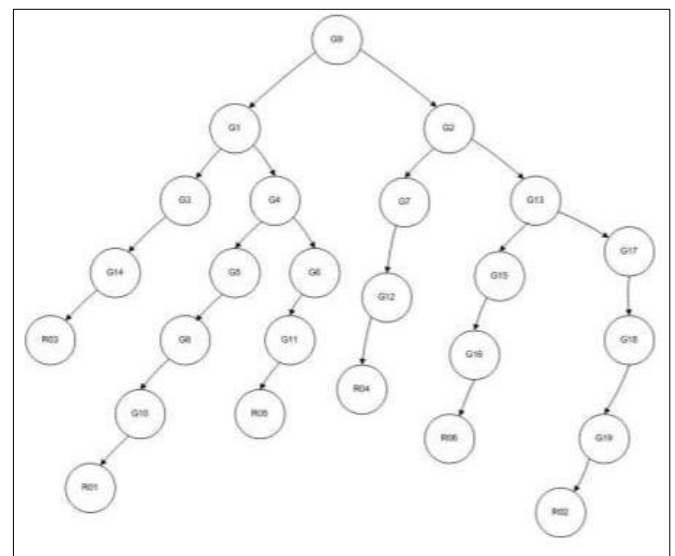
Relasi antar tabel pada sistem yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Relasi Antar Tabel

2.2.5 Pohon Keputusan

Pohon keputusan digunakan sebagai alur sistem yang berjalan berdasarkan fakta untuk memperoleh solusi. Pohon keputusan dapat dilihat pada gambar 9 sebagai berikut ini :



Gambar 9 Pohon Keputusan

2.3 Implementasi

Implementasi merupakan suatu proses penerapan rancangan program yang telah dibuat ke dalam sebuah aplikasi pemrograman sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang diharapkan dari program aplikasi tersebut. Tahap pembuatan aplikasi sistem diagnosa kerusakan pada sepeda listrik menggunakan bahasa pemrograman PHP dan XAMPP sebagai virtual server serta MySQL sebagai database.

2.4 Testing

Setelah pengembangan produk, pengujian perangkat lunak diperlukan untuk memastikan kelancaran pelaksanaannya. Meskipun demikian, pengujian minimal dilakukan pada setiap tahap SDLC. Oleh karena itu, pada tahap ini, semua kemungkinan kekurangan dilacak, diperbaiki, dan diuji ulang. Hal ini memastikan bahwa produk memenuhi persyaratan kualitas SRS.

2.5 Maintenance

Setelah pengujian mendetail, produk konklusif dirilis secara bertahap sesuai strategi organisasi. Kemudian diuji di lingkungan industri nyata. Penting untuk memastikan kelancaran kinerjanya. Jika kinerjanya baik, organisasi mengirimkan produknya secara keseluruhan. Setelah mendapatkan umpan balik yang bermanfaat, perusahaan merilisnya apa adanya atau dengan perbaikan tambahan agar lebih bermanfaat bagi pelanggan. Namun, hal ini saja tidak cukup. Oleh

karena itu, seiring dengan penerapannya, pengawasan produk juga dilakukan.

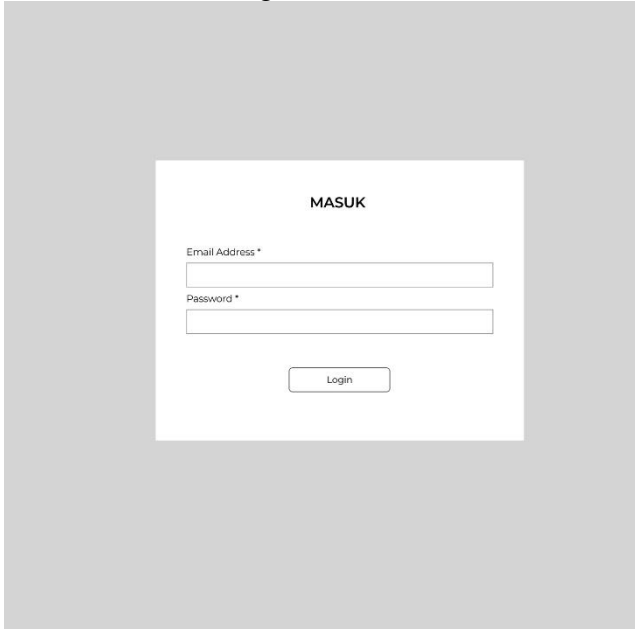
admin mengakses menu pada sistem kerusakan sepeda listrik dan menampilkan kerusakan yang terjadi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap hasil dan pembahasan, penelitian telah menghasilkan

3.1 Hasil Tampilan

3.1.1 Halaman Login

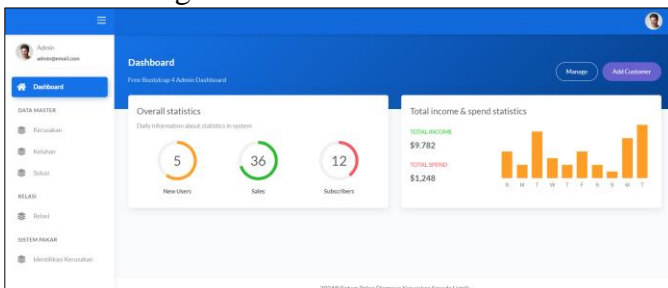


Pada gambar ditampilkan halaman login user dan admin sebelum masuk ke halaman utama sistem atau dashboard.

Gambar 10 Halaman Login

3.1.2 Halaman Dashboard Admin

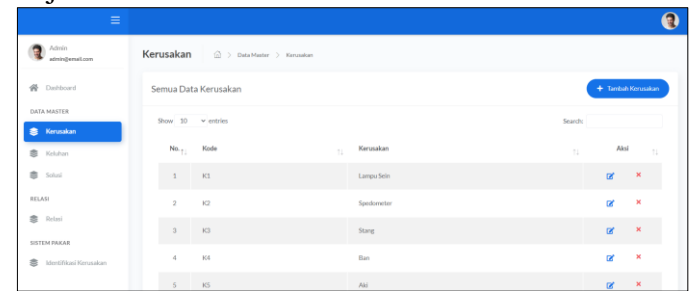
Pada gambar 11 ditampilkan halaman dashboard admin atau halaman utama setelah melakukan login



Gambar 11 Halaman Dashboard

3.1.3 Halaman Kerusakan Admin

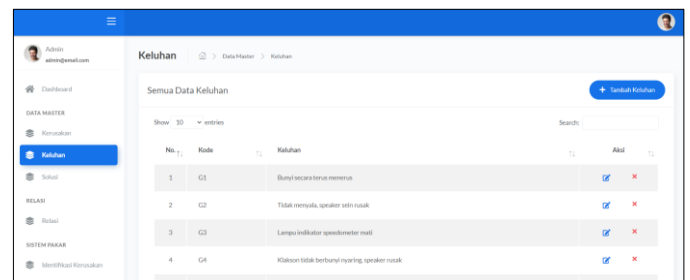
Pada gambar 12 ditampilkan halaman menu pada sistem yang ditampilkan oleh sistem pada saat



Gambar 12 Halaman Kerusakan Admin

3.1.4 Halaman Keluhan Admin

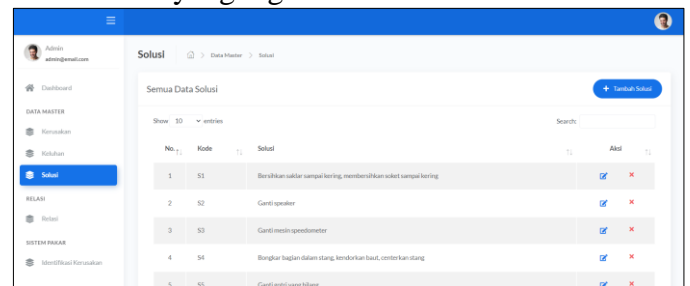
Pada gambar 13 ditampilkan halaman keluhan saat admin mengakses menu pada sistem kerusakan sepeda listrik dan menampilkan keluhan-keluhan.



Gambar 13 Halaman Keluhan

3.1.5 Halaman Solusi Admin

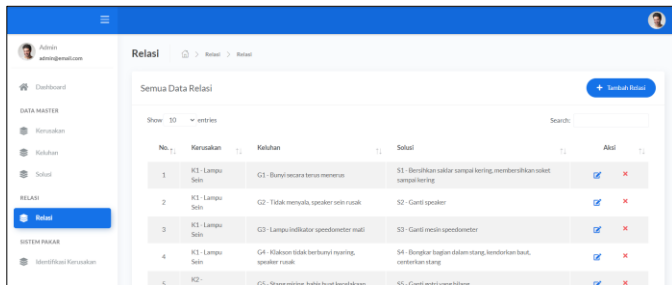
Pada gambar 14 ditampilkan halaman solusi keseluruhan yang digunakan admin.



Gambar 14 Halaman Solusi Admin

3.1.6 Halaman Relasi Admin

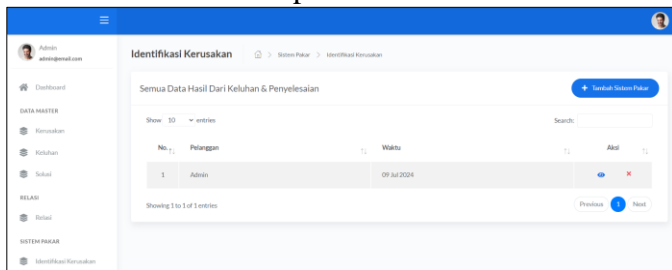
Pada gambar 15 ditampilkan halaman yang berisi semua data relasi.



Gambar 15 Halaman Relasi Admin

3.1.7 Halaman Identifikasi Kerusakan Admin

Pada gambar 16 menampilkan tambah identifikasi kerusakan pada admin.



Gambar 16 Identifikasi Kerusakan Admin

3.2 Hasil Pengujian Penelitian

3.2.1 Pengujian dengan Blackbox

Pada pengujian sistem ini digunakan untuk memastikan bahwa sistem telah berjalan dengan semestinya. Pada kali ini metode uji coba yang digunakan merupakan metode uji coba *blackbox*. Metode uji coba *blackbox* menitik beratkan pada keperluan fungsional dari sistem pakar diagnosa kerusakan pada kendaraan sepeda Listrik dengan metode *forward chaining* di PT. Dunia Usaha Mapan Sejahtera. Karena itu uji coba *blackbox* memungkinkan untuk membuat himpunan kondisi *input* yang akan melatih seluruh syarat - syarat fungsional suatu program.

3.2.2 Respon User atau Pengujian User

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan pengujian *user* secara langsung dengan dilakukannya pengujian kepada dua responden yaitu admin dan konsumen dengan mengisi kuisisioner melalui Google Form. Sampel yang diambil sebanyak 2 kategori responden, yaitu 1 admin dan 31 konsumen. Berikut adalah pertanyaan dalam kuisisioner yang diberikan kepada para responden

beserta prosentase masing -masing jawaban dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{F}{n} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Nilai Persentase

F = Frekuensi Jawaban Responden Tiap Soal

n = Jumlah Responden

3.2.2.1 Kuesioner pada user

Hasil pengujian pilihan kategori jawaban pada kuisisioner *user* :

1. Apakah sistem pakar mudah digunakan ?

- a. Sangat Mudah b. Cukup Mudah c. Sulit Digunakan

Tabel 1 Hasil Kuesioner 1

| Kategori Jawaban | Sangat Mudah | Cukup Mudah | Sulit Digunakan |
|-------------------|--------------|-------------|-----------------|
| Frekuensi Jawaban | 23 | 8 | 0 |
| Persentase Nilai | 74,2% | 25,8% | 0% |

2. Apakah sistem pakar ini dapat membantu dalam memberikan informasi kerusakan pada sepeda listrik di PT. Dunia Usaha Mapan Sejahtera?

- a. Sangat Membantu b. Cukup Membantu
c. Tidak Membantu

Tabel 2 Hasil Kuesioner 2

| Kategori Jawaban | Sangat Membantu | Cukup Membantu | Tidak Membantu |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Frekuensi Jawaban | 15 | 16 | 0 |
| Persentase Nilai | 48,4% | 51,6% | 0% |

3. Apakah sistem pakar ini membantu anda dalam melakukan mengetahui kendala kerusakan pada sepeda listrik pada PT. Dunia Usaha Mapan Sejahtera?

- a. Sangat Membantu b. Cukup Membantu
c. Tidak Membantu

Tabel 3 Hasil Kuesioner 3

| Kategori Jawaban | Sangat Membantu | Cukup Membantu | Tidak Membantu |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Frekuensi Jawaban | 19 | 12 | 0 |
| Persentase Nilai | 61,3% | 38,7% | 0% |

4. Apakah sistem pakar ini memiliki fitur dan tampilan sesuai yang diharapkan oleh *user* ?

- a. Sangat Sesuai b. Cukup Sesuai
c. Tidak Sesuai

Tabel 4 Hasil Kuesioner 4

| Kategori Jawaban | Sangat Sesuai | Cukup Sesuai | Tidak Sesuai |
|-------------------|---------------|--------------|--------------|
| Frekuensi Jawaban | 12 | 18 | 1 |
| Persentase Nilai | 38,7% | 58,1% | 3,2% |

5. Apakah sistem pakar ini dalam melakukan solusi memberikah hasil yang dapat mudah dimengerti ?

- a. Sangat Mudah b. Cukup Mudah
c. Sulit Digunakan

Tabel 5 Hasil Kuesioner 5

| Kategori Jawaban | Sangat Mudah | Cukup Mudah | Sulit Digunakan |
|-------------------|--------------|-------------|-----------------|
| Frekuensi Jawaban | 15 | 16 | 0 |
| Persentase Nilai | 48,4% | 51,6% | 0% |

Untuk menghitung rata - rata persentase dari jawaban yang telah dilakukan oleh *user* adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{F}{n} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Nilai Persentase

F = Frekuensi Jawaban Responden Tiap Soal

n = Jumlah Responden x Jumlah Soal

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan persentase dari kategori jawaban mudah dan cukup adalah sebesar 99%, sedangkan kategori kurang adalah sebesar 1%. Dengan demikian bahwa sistem pakar Pada PT. Dunia Usaha Mapan Sejahtera Dengan Menggunakan *Forward Chaining* dapat digunakan dengan mudah dan sudah layak untuk dapat diimplementasikan.

3.2.2.2 Kuesioner Pada Admin

Hasil pengujian pilihan kategori jawaban pada kuisisioner admin :

1. Apakah sistem pakar ini sudah sesuai dengan kebutuhan perusahaan anda ?

- a. Sangat Sesuai b. Cukup Sesuai
c. Tidak Sesuai

Tabel 6 Hasil Kuesioner 1

| Kategori Jawaban | Sangat Sesuai | Cukup Sesuai | Tidak Sesuai |
|-------------------|---------------|--------------|--------------|
| Frekuensi Jawaban | 1 | 0 | 0 |
| Persentase Nilai | 100% | 0% | 0% |

2. Apakah sistem pakar ini dapat membantu mengelola kendala dengan baik ?

- a. Sangat Membantu b. Cukup Membantu
c. Tidak Membantu

Tabel 7 Hasil Kuesioner 2

| Kategori Jawaban | Sangat Membantu | Cukup Membantu | Tidak Membantu |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Frekuensi Jawaban | 1 | 0 | 0 |
| Persentase Nilai | 100% | 0% | 0% |

3. Apakah sistem pakar ini dapat membantu mengelola solusi dengan baik ?

- a. Sangat Membantu b. Cukup Membantu
c. Tidak Membantu

Tabel 7 Hasil Kuesioner 3

| Kategori Jawaban | Sangat Membantu | Cukup Membantu | Tidak Membantu |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Frekuensi Jawaban | 0 | 1 | 0 |
| Persentase Nilai | 0% | 100% | 0% |

4. Apakah sistem pakar ini bermanfaat dan membantu bagi perusahaan

- a. Sangat Membantu b. Cukup Membantu
c. Tidak Membantu

Tabel 8 Hasil Kuesioner 4

| Kategori Jawaban | Sangat Membantu | Cukup Membantu | Tidak Membantu |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Frekuensi Jawaban | 0 | 1 | 0 |
| Persentase Nilai | 0% | 100% | 0% |

5. Apakah sistem pakar ini layak diimplementasikan pada perusahaan anda ?

- a. Sangat Layak b. Cukup Layak
c. Tidak Layak

Tabel 9 Hasil Kuesioner 5

| Kategori Jawaban | Sangat Layak | Cukup Layak | Tidak Layak |
|-------------------|--------------|-------------|-------------|
| Frekuensi Jawaban | 1 | 0 | 0 |
| Persentase Nilai | 100% | 0% | 0% |

Untuk menghitung rata-rata persentase dari jawaban yang telah dilakukan oleh *admin* adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{F}{n} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Nilai Persentase

F = Frekuensi Jawaban Responden Tiap Soal

n = Jumlah Responden x Jumlah Soal

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan persentase dari kategori jawaban mudah dan cukup adalah sebesar 100%, sedangkan kategori kurang adalah sebesar 0%. Dengan demikian bahwa sistem pakar diagnosa kerusakan pada kendaraan sepeda Listrik dengan metode *forward chaining* di PT. Dunia Usaha Mapan Sejahtera dapat digunakan dengan mudah dan sudah layak untuk dapat diimplementasikan.

IV. KESIMPULAN

PT Dunia Usaha Mapan Sejahtera saat ini menggunakan metode konvensional untuk mendiagnosis kerusakan sepeda listrik, yang memerlukan kunjungan langsung ke toko. Metode ini dianggap kurang efektif dan memakan waktu karena banyak kerusakan ringan yang sebenarnya bisa diperbaiki di rumah. Oleh karena itu, dirancanglah sebuah sistem pakar berbasis website untuk mendiagnosa kerusakan sepeda listrik menggunakan metode *forward chaining*. Sistem ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP, database MySQL, dan framework Laravel. Pengujian dengan metode *blackbox* menunjukkan bahwa sistem pakar ini dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan, meningkatkan efisiensi dalam mendeteksi dan memperbaiki kerusakan sepeda listrik. Implementasi sistem ini diharapkan dapat mempermudah pengguna dalam mendeteksi dan memperbaiki kerusakan sepeda listrik tanpa harus selalu datang ke toko, serta meningkatkan efisiensi layanan di PT Dunia Usaha Mapan Sejahtera.

REFERENSI

- [1] Sharma, R., & Goyal, D. (2021). "Expert Systems for Fault Diagnosis in Electric Vehicles: A Review". *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 40(5), 9527-9536.
- [2] Zhang, H., & Li, Q. (2021). "A Web-Based Expert System for Diagnosis and Repair of Electric Bicycles". *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(3), 2584-2591.
- [3] Ahmed, A., & Khan, M. (2022). "Development of a Forward Chaining Expert System for Electric Vehicle Maintenance". *Advances in Electrical and Electronic Engineering*, 20(4), 309-317.
- [4] Jha, A., & Roy, S. (2022). "Web-Based Expert System for Predictive Maintenance of Electric Bicycles Using Machine Learning Techniques". *IEEE Access*, 10, 10628-10639.
- [5] Kim, Y., & Lee, J. (2023). "Design and Implementation of a Web-Based Expert System for Electric Bike Diagnosis". *Journal of Computer and Communications*, 11(2), 64-74.
- [6] Patel, V., & Mehta, P. (2023). "Implementation of Expert Systems in Electric Vehicle Diagnostics Using Forward Chaining". *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(1), 137-145.
- [7] Chen, L., & Wu, X. (2023). "A Forward Chaining-Based Web Expert System for Electric Bike Fault Diagnosis". *International Journal of Artificial Intelligence*, 18(2), 25-33.
- [8] Singh, R., & Kumar, N. (2024). "Expert Systems in Electric Bike Maintenance: A Comprehensive Review". *Journal of Artificial Intelligence Research*, 71(1), 112-130.
- [9] Lopez, J., & Rodriguez, M. (2024). "Web-Based Expert Systems for Electric Bicycle Repair: A Case Study". *International Journal of Web & Semantic Technology*, 15(1), 19-29.