

PENERAPAN METODE *DEMPSTER SHAFER* SISTEM PAKAR UNTUK MENDIAGNOSA KERUSAKAN MESIN MOTOR INJEKSI

Taufik Nur Firmansyah, Basuki Rahmat, Henni Endah Wahanani
Informatika, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Jalan Raya Rungkut Madya No.1, Gunung Anyar, Surabaya, Indonesia
taufikfirmansyah672@gmail.com

ABSTRAK

Sepeda motor sebagai kebutuhan primer dalam transportasi terus mengalami perkembangan seperti teknologi injeksi bahan bakar dan transmisi otomatis. Mesin motor injeksi memerlukan pemeriksaan rutin dan perbaikan jika rusak. Dalam hal ini membutuhkan ahli di bidangnya yaitu mekanik. Mekanik perlu mendiagnosa kerusakan sebelum memperbaiki, sehingga membutuhkan alat atau sistem yang membantu. Tujuan penelitian ini untuk mengembangkan sistem pakar diagnosa kerusakan mesin motor injeksi berbasis *website* menggunakan metode *Dempster-Shafer*. Metode ini mengelola ketidakpastian dengan cara yang konsisten dan mendekati pemikiran pakar. Hasil penelitian ini adalah sistem pakar berbasis *website* yang dapat mendiagnosis kerusakan mesin motor injeksi dengan metode yang telah diuji dengan pengujian *black box testing*, validasi kelayakan, dan uji akurasi. Hasil pengujian *black box testing* menunjukkan bahwa sistem pakar ini dapat berjalan dengan semestinya sesuai harapan. Hasil pengujian validasi kelayakan sistem pakar menunjukkan bahwa sistem pakar ini layak digunakan, dengan nilai kelayakan 90%. Dan hasil dari uji akurasi ialah 94,38% berdasarkan 16 kasus dari pelanggan bengkel Aneka Motor yang melibatkan 10 pakar. Ketidakakuratan diagnosa sistem sebesar 5,62% dikarenakan adanya perbedaan keyakinan di antara para pakar. Dengan sistem ini, diharapkan proses diagnosis kerusakan menjadi lebih cepat dan akurat, memudahkan mekanik dalam memberikan layanan terbaik kepada pengguna motor injeksi.

Kata kunci : sistem pakar, *dempster shafer*, mesin motor injeksi

1. PENDAHULUAN

Segala aspek dalam kehidupan terus berkembang seiring berjalannya waktu, mulai dari perkembangan di bidang pendidikan, komunikasi, kesehatan, hingga transportasi dan bidang lainnya. Alat transportasi menjadi kebutuhan dasar saat ini, mobilitas aktivitas sehari-hari hampir seluruhnya melibatkan alat transportasi [1].

Salah satunya adalah motor yang mana juga terus mengalami perkembangan dan banyak dikembangkan oleh perusahaan otomotif seperti teknologi injeksi bahan bakar dan transmisi otomatis yang membuatnya lebih efisien dan nyaman digunakan hingga saat ini. Sepeda motor dengan mesin injeksi memiliki banyak peminat dikarenakan mesin ini mendukung kecepatan tinggi maupun rendah dan mempunyai tingkat kenyamanan dan keamanan yang sangat baik.

Dalam penggunaannya di semua aktivitas sehari-hari, maka mesin motor injeksi wajib dirawat. Jika terus menerus digunakan tanpa perawatan berkala, maka mesin bisa rusak dan tidak bisa digunakan semestinya. Mesin motor yang rusak harus segera diperbaiki sehingga membutuhkan keahlian dari pakarnya yaitu mekanik karena tidak semua orang memiliki kemampuan memperbaikinya. Dalam perbaikannya, seorang mekanik memerlukan diagnosa kerusakan terlebih dahulu agar perbaikannya tepat sasaran dan efisien waktu, tenaga, dan biaya. Oleh sebab itu, diperlukan adanya sistem pembantu dalam mendiagnosa kerusakan mesin motor injeksi. Hal ini sejalan dengan perkembangan teknologi yang kini berada di era *Society 5.0* di mana manusia dapat mengintegrasikan ilmu pengetahuan yang modern

untuk membantu pekerjaan dalam kehidupan sehari-hari seperti *Artificial Intelligence*.

Artificial intelligence, yang juga dikenal sebagai kecerdasan buatan, merupakan cabang ilmu komputer yang tujuannya untuk membuat mesin atau komputer mampu mengeksekusi pekerjaan dengan tingkat keahlian dan kemampuan serupa seperti yang dapat dilakukan manusia [1].

Dengan memahami teknik-teknik *artificial intelligence* akan terbentuk sistem cerdas yang kemudian dapat membantu manusia dalam suatu pekerjaan, expert system atau sistem pakar salah satunya.

Sistem pakar adalah aplikasi cerdas yang dapat memberikan penyelesaian atau Solusi untuk masalah dengan Kemahiran seperti seorang pakar dalam bidang tertentu [2].

Namun, meskipun system pakar memiliki kemampuan untuk mendiagnosa, keakuratannya tidak selalu sebanding dengan hasil diagnosa dari seorang pakar, karena pengetahuan yang seiring berjalannya waktu bisa berubah-ubah yang dapat mempengaruhi penentuan kesimpulan atau penambahan faktor ketidakpastian akan suatu gejala permasalahan. Oleh karena itu, dalam mengatasi ketidakpastian tersebut, diperlukan suatu pendekatan yang mampu menghitung ketidakpastian sehingga diagnose yang diberikan mempunyai Tingkat keyakinan yang sebanding dengan seorang pakar, seperti menggunakan metode *Dempster Shafer*.

Metode *Dempster Shafer* merupakan metode dengan teori matematis untuk menggabungkan bukti-bukti yang terpisah dalam rangka menghitung Tingkat

kepercayaan, atau sebuah kemungkinan dari suatu peristiwa yang mana berasal dari teori himpunan dan teori Keputusan, sehingga dapat digunakan dalam konteks kecerdasan buatan seperti system pakar [3].

Metode ini awalnya diperkenalkan oleh Dempster, yang mengusulkan model untuk menghadapi ketidakpastian dengan memanfaatkan rentang probabilitas daripada sekadar probabilitas Tunggal. Kemudian pada tahun 1976, Shafer mengembangkan lebih lanjut teori Dempster yang mana ditulis dalam bukunya yang berjudul “*Mathematical Theory of Evident*”. Secara esensial, teori ini dapat didefinisikan dalam kerangka interval [Belief, Plausibility]. *Belief* (Bel) merupakan indikasi kekuatan bukti yang mendukung suatu hipotesis, di mana nilai 0 menunjukkan ketiadaan bukti dan nilai 1 menandakan kepastian penuh. Jika nilai *belief* (Bel) adalah 0, ini menunjukkan bahwa tidak ada bukti yang mendukung hipotesis tersebut, sedangkan nilai *belief* (Bel) adalah 1 menandakan kepastian absolut. *Plausibility* menggambarkan seberapa dapat dipercayainya suatu keadaan. Hubungan antara *plausibility* (PI) dan *belief* (Bel) dapat dijelaskan dengan persamaan $PI(H) = 1 - Bel(H)$. Dalam teori ini, hipotesis-hipotesis dihipunkan ke dalam himpunan semesta pembicaraan, ditandai dengan notasi Θ . Selain itu, terdapat fungsi densitas probabilitas (m) yang menilai seberapa kuat bukti mendukung hipotesis tertentu [4].

Menurut [5], dalam penerapan metode *Dempster Shafer* dalam system tidak hanya memungkinkan untuk menetapkan bobot kepercayaan berdasarkan bukti yang terkumpul, tetapi juga untuk secara tegas membedakan antara ketidakpastian dan ketidaktahuhan. Teori ini menggambarkan, menggabungkan, dan menyebarkan ketidakpastian dengan cara yang intuitif bagi para pakar, sambil tetap memiliki dasar matematika yang kuat. Dengan demikian, diharapkan pengguna motor injeksi bisa mendapatkan informasi mengenai masalah yang dialami tanpa batasan waktu dan area konsultasi.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk menjalankan penelitian guna merancang dan mengembangkan sistem pakar yang secara akurat mampu mendiagnosa kerusakan pada mesin motor injeksi yang berjudul “Penerapan Metode Dempster Shafer Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Kerusakan Mesin Motor Injeksi”

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian [6], yang berjudul “Implementasi Metode Dempster Shafer Pada Sistem Pakar Pendiagnosa Kerusakan Sepeda Motor” yang bertujuan untuk mengatasi ketidakpastian dalam sistem pakar yang mendiagnosis kerusakan pada sepeda motor Yamaha, memberikan pengguna pemahaman tentang keyakinan terhadap masalah yang dihadapi. Informasi ini membantu pengguna membuat keputusan yang tepat mengenai langkah-langkah perbaikan. Nilai densitas yang digunakan dalam studi

ini berasal dari berbagai pakar, sehingga mungkin terdapat perbedaan antara satu pakar dan yang lainnya. Meskipun metode *Dempster-Shafer* juga digunakan dalam penelitian lain, penelitian ini memiliki fokus khusus pada mesin motor injeksi.

Pada penelitian lain oleh [7], yang berjudul “Diagnosa Kerusakan Sepeda Motor Vespa Menggunakan Metode *Dempster Shafer* Berbasis Android” bertujuan untuk memberikan panduan kepada pemilik motor Vespa tentang cara mengidentifikasi masalah kerusakan yang dapat terjadi saat bepergian (*touring*). Hasilnya menunjukkan bahwa tingkat akurasi diagnosis sebelum penerapan sistem (*pretest*) hanya 18%, namun setelah sistem diterapkan (*posttest*), akurasi meningkat secara signifikan menjadi 98%. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem mampu memberikan diagnosis yang jauh lebih akurat terhadap kerusakan Vespa berdasarkan gejala yang muncul, sehingga membantu pengguna menemukan solusi yang tepat. Sistem ini juga meningkatkan kepercayaan pengguna dalam proses diagnosis. Meskipun penelitian ini menggunakan metode *Dempster-Shafer* seperti studi lainnya, perbedaannya terletak pada fokus khusus pada mesin motor injeksi, berbeda dari penelitian lain yang tidak membatasi jenis motor tertentu.

Pada penelitian selanjutnya oleh [3], yang berjudul “Sistem Pakar Analisa Kerusakan Sepeda Motor Matic Dengan Metode Dempster Shafer Dan Pemrograman Python” bertujuan untuk menguji kemampuan *belief functions and plausible reasoning* dalam menggabungkan informasi terpisah (bukti) untuk menghitung kemungkinan suatu peristiwa. Dengan menerapkan metode ini, diharapkan dapat memberikan wawasan kepada pemilik motor mengenai kerusakan, sehingga diagnosis yang dihasilkan sebanding dengan keakuratan pakar. Meskipun sistem ini tidak menggantikan peran pakar sepenuhnya, namun fungsinya mendukung pemikiran seorang pakar, tanpa batasan waktu dan tempat konsultasi. Dengan demikian, metode ini mempermudah masyarakat dalam mengidentifikasi kerusakan motor secara lebih efisien. Penelitian ini menggunakan metode *Dempster-Shafer*, sebanding dengan studi lain, namun membedakan diri melalui penggunaan pemrograman *PHP MyAdmin* dan fokus khusus pada mesin motor injeksi.

2.1. Metode Dempster Shafer

Menurut [8], metode penalaran non monotonis yang digunakan untuk mencari ketidakkonsistenan akibat adanya penambahan maupun pengurangan fakta baru yang akan merubah aturan yang ada, sehingga metode *Dempster Shafer* memungkinkan seseorang aman dalam melakukan pekerjaan seorang pakar, sekaligus dapat mengetahui probabilitas atau prosentase dari kasus yang mungkin terjadi.

Teori *Dempster Shafer* dalam [9] ditulis dalam suatu interval: [*Belief*, *Plausibility*]. *Belief* (Bel) adalah ukuran kekuatan *evidence* (gejala) dalam mendukung

suatu himpunan bagian. Jika bernilai 0 maka mengindikasikan bahwa tidak ada *evidence*, dan jika bernilai 1 menunjukkan adanya kepastian. *Plausibility* (PI) dinotasikan sebagai: $Pl(s) = 1 - Bel(\neg s)$ *Plausibility* juga bernilai 0 sampai 1. Jika kita yakin akan $\neg s$, maka dapat dikatakan bahwa $Bel(\neg s) = 1$, dan $Pl(\neg s) = 0$. *Plausability* akan mengurangi tingkat kepercayaan dari *evidence*. Pada teori *Dempster Shafer* kita mengenal adanya *frame of discernment* yang dinotasikan dengan " $\emptyset$ " dan *mass function* yang dinotasikan dengan " m ". *Frame* ini merupakan semesta pembicaraan dari sekumpulan hipotesis sehingga disebut dengan *enviromtent*. Sedangkan *mass function* (m) dalam teori *Dempster Shafer* adalah tingkat kepercayaan dari suatu *evidence measure* sehingga dinotasikan dengan (m). Untuk mengatasi sejumlah *evidence* pada teori *Dempster Shafer* menggunakan aturan yang lebih dikenal dengan *Dempster's Rule of Combination*.

$$m3(Z) = \frac{\sum x \cap y = z m1(x).m2(y)}{1 - \sum x \cap y = \emptyset = z m1(x).m2(y)} \quad (1)$$

Dengan:

$m3(Z)$ = *mass function* dari *evidence* (Z)

$m1(X)$ = *mass function* dari *evidence* (X), yang diperoleh dari nilai keyakinan suatu *evidence* dikalikan dengan nilai *disbelief* dari *evidence* tersebut.

$m2(Y)$ = *mass function* dari *evidence* (Y), yang diperoleh dari nilai keyakinan suatu *evidence* dikalikan dengan nilai *disbelief* dari *evidence* tersebut.

$\sum X \cap Y = Z m1(X).m2(Y)$ = merupakan nilai kekuatan dari *evidence* Z yang diperoleh dari kombinasi nilai keyakinan sekumpulan *evidence*.

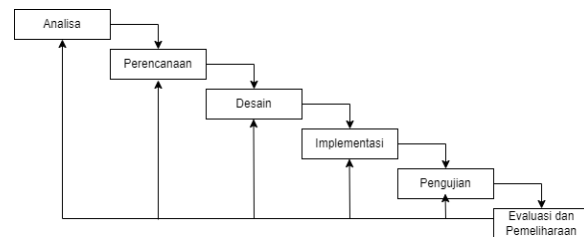
Untuk mendapatkan keyakinan dapat dengan cara mewawacarai seorang pakar dengan aturan *rule*. Sedangkan untuk menentukan nilai dari tingkat keyakinan dari pengguna juga dapat menggunakan aturan yang sama. *Rule* dapat diinterpretasi dengan "*term*" dari pakar, yang di ubah menjadi nilai tertentu sesuai tabel berikut:

Tabel 1. Tingkat Keyakinan metode *Dempster Shafer*

Term	Rule
Definitely not (pasti tidak)	-1.0
Almost certainly not (hamper pasti tidak)	-0.8
Probably not (kemungkinan besar tidak)	-0.6
Maybe not (mungkin tidak)	-0.4
Unknown (tidak tahu)	-0.2 to 0.2
Maybe (kemungkinan)	0.4
Probably (kemungkinan besar)	0.6
Almost certainly (hampir pasti)	0.8
Definitely (pasti)	1.0

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini memiliki prosedur penelitian yang mencakup beberapa tahapan pada model *waterfall*. Model ini memiliki tahapan yang sistematis dan berurutan, yang sering dikenal sebagai model linear sequential [10]. Berikut adalah bagan alur tahapan model *waterfall*.



Gambar 1. Model Waterfall

Pada gambar 1. Penelitian ini melibatkan beberapa tahapan utama. Tahap pertama adalah Analisa, di mana peneliti mengumpulkan data terkait metode yang digunakan dan sistem pakar. Selanjutnya, pada tahap Perencanaan, data yang diperoleh diolah dan digunakan untuk analisis metode *Dempster Shafer* dalam sistem pakar serta pembuatan basis data. Pada tahap Desain, peneliti merancang diagram dan antarmuka sistem untuk memastikan implementasi kode berjalan lancar. Implementasi adalah tahap berikutnya, di mana desain diubah menjadi kode program menggunakan *framework Laravel* untuk pembuatan *website* sistem pakar diagnosis kerusakan mesin motor injeksi. Setelah pengembangan, dilakukan Pengujian dengan metode *black box testing* dan uji validasi untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik. Terakhir, tahap Evaluasi dan Pemeliharaan dilakukan untuk memperbaiki dan memastikan sistem beroperasi sesuai harapan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari tahap analisa kebutuhan ialah mengetahui kebutuhan teknologi yang dibutuhkan untuk sistem pakar dan data untuk diolah di dalam sistem. Teknologi yang akan digunakan dalam proses membangun *website* berupa *hardware* dan *software*. Perangkat keras atau *hardware* yang digunakan ialah Laptop Asus VivoBook 14 A416FA-FHD323 dan perangkat lunak atau *software* yang digunakan ialah system operasi berupa *Microsoft Windows 10*, yang menjalankan *website* berupa *Google Chrome*, *software editor* berupa *Visual Studio Code*, *Framework Laravel*, *database* berupa *MySQL*, *server host* berupa *XAMPP*, untuk analisis berupa *Data Flow Diagram DFD*, visualisasi berupa *draw.io*, dan Bahasa pemograman berupa *HTML*, *PHP* dan *javascript*. Selain itu, dari tahap ini juga memperoleh data gejala dan kerusakan mesin motor injeksi yang mana dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Tabel Kategori Kerusakan

Kode	Kerusakan
K01	Kerusakan sistem ECU
K02	Kerusakan sistem FUELPUMP
K03	Kerusakan sistem INJEKTOR
K04	Kerusakaan sistem SENSOR DAN THROTTLE BODY

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa ada empat komponen pada mesin motor injeksi yang bisa mengalami kerusakan. *Ecu* merupakan otak dari

kendaraan di mana menginput data dari berbagai sensor, kemudian memrosesnya dan dikirimkan kembali ke komponen terkait untuk direspon. Sistem selanjutnya ialah *fuelpump* yang mana merupakan alat untuk memindahkan jalan atau memompa dan mengalirkan bahan bakar yang ada pada tangka ke dalam injektor. Sedangkan injektor merupakan bagian untuk memasok bahan bakar ke *intake manifold* untuk memenuhi kebutuhan pembakaran di ruang silinder. Sensor dan *throttle body* merupakan sistem *intake* yang berfungsi untuk mengontrol jumlah udara yang mengalir ke ruang bakar mesin.

Bagian ini di buka dan ditutup melalui kabel yang terhubung dengan tuas gas. Fungsi bagian ini adalah untuk mengatur dan menyeimbangkan bahan bakar mesin pada mesin kendaraan. Posisinya menyatu dengan *body throttle* yang terhubung langsung dengan katup gas. Posisi komponen sensor ini dikarenakan perannya yaitu untuk memastikan bahwa katup gas mempunyai sudut bukaan sesuai saat muncul perubahan pergeseran katup, maka sensor akan bekerja mengirimkan sinyal ke perangkat *Engine Control Unit*. Sinyal yang dikirimkan akan diproses dan terjadilah suplai atau injeksi bbm ke dalam ruang bakar. Selain data kerusakan, peneliti juga memperoleh data gejala dari setiap kerusakan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Tabel Gejala Kerusakan

Kode	Gejala
G01	Lampu cek engine terus menyala
G02	Pompa bahan bakar dan busi mati
G03	Terjadi kerusakan sistem elektronik
G04	Kendali elektronik tidak berfungsi
G05	Kurang tekanan bahan bakar
G06	Bunyi berisik dibagian tangki bensin
G07	Jangka mesin tidak Panjang
G08	Meter bahan bakar tidak akurat
G09	Mesin susah distarter
G10	Mesin mudah mengalami brebet
G11	Mesin sering mati mendadak
G12	Asap kenalpot menjadi pekat
G13	Mesin mati tidak bisa hidup lagi
G14	Tarikan kurang responsive
G15	Langsam mesin tidak stabil
G16	Setelan gas tiba-tiba naik sendiri
G17	Mesin tidak bertenaga
G18	Kenalpot bunyi suara ledakan
G19	Kinerja mesin menurun
G20	Mesin tidak stabil

Pada tabel 4 menunjukkan bahwa terdapat 20 gejala kerusakan yang dapat terjadi pada sistem mesin motor injeksi. Hasil tersebut diperoleh dari hasil wawancara dengan pakar yang merupakan seorang dosen teknik mesin di Universitas Sunan Giri dan juga mekanik serta pemilik bengkel “Surabaya Performance”.

Selanjutnya dilakukan tahap perencanaan di mana data diolah dan direpresentasikan menggunakan analisis metode *dempster shafer* yang disebut dengan

basis pengetahuan. setiap gejala memiliki nilai *belief* yang mengindikasikan kekuatan gejala dalam mendukung himpunan proposal [11].

Data tersebut diolah untuk mendapatkan tingkat kepercayaan dari suatu ukuran bukti atau *evidence measure* yang ditulis dengan notasi (m). Kemudian juga dihasilkannya representasi pengetahuan untuk mengkodekan aturan dalam sistem pakar yang dikenal dengan *rule*. Berikut adalah tabel *rule* yang diperoleh dari data yang telah diolah atau dianalisa oleh peneliti.

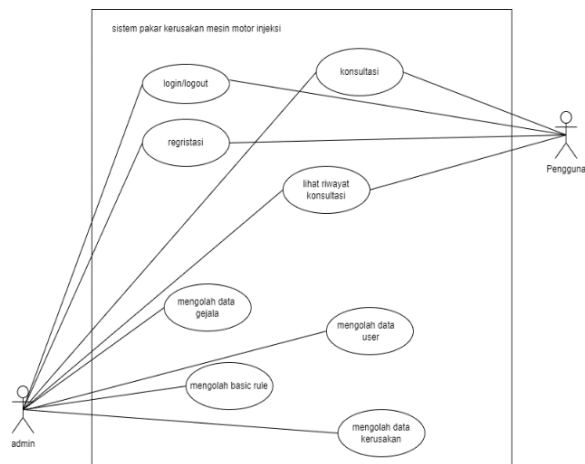
Tabel 4. Representasi pengetahuan (*rule*)

Gejala Kerusakan	Kerusakan				Belief
	K01	K02	K03	K04	
G01	*			*	0.6
G02	*				0.4
G03	*				0.6
G04	*				0.8
G05		*			0.6
G06		*			0.8
G07		*	*		0.4
G08		*			0.8
G09	*	*	*	*	0.8
G10			*		0.8
G11	*	*	*	*	0.6
G12			*		0.6
G13	*		*		0.6
G14				*	0.8
G15			*	*	0.6
G16				*	0.4
G17		*	*	*	0.6
G18			*	*	1
G19				*	0.6
G20				*	0.6

Dari hasil representasi pengetahuan pada tabel 4 yang mana data kerusakan dan gejala beserta tingkat keyakinan dari setiap gejala, akan dihitung dengan menerapkan perhitungan *dempster shafer* menurut [12] yang dapat dilakukan setelah dilakukannya pemilihan gejala-gejala yang telah diinputkan untuk mengetahui kerusakan yang terjadi pada mesin motor injeksi.

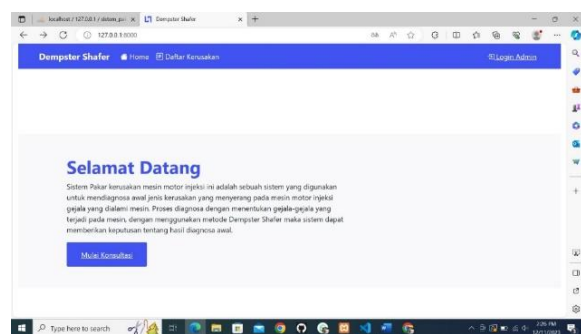
Kemudian peneliti mendesain sistem dengan memberi gambaran interaksi antara pemakai sistem dengan fungsionalitas yang tersedia menggunakan *use case diagram*. Berikut *Use case diagram* dalam penelitian ini.

Pada Gambar 2. dijelaskan peran masing-masing aktor, yang mana ada dua aktor yaitu admin dan pengguna. pengguna dapat melakukan registrasi atau mendaftar akun jika belum memiliki akun dan melakukan login untuk mengakses *website*. kemudian pengguna melakukan konsultasi dan melihat riwayat konsultasi dan melakukan logout. Sedangkan admin dapat melakukan registrasi dan login untuk mengakses *website*. Kemudian admin dapat mengelola yang berarti dapat menambah atau mengedit atau menghapus data kerusakan, gejala, akun user dan admin, mengelola basic rule, dan melihat riwayat konsultasi.



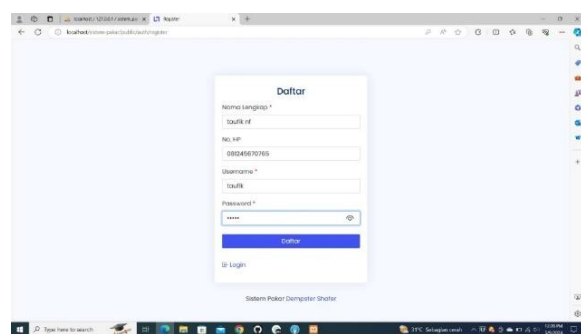
Gambar 2. Diagram Use Case

Setelah itu, peneliti melakukan implementasi atau proses pengubahan dari rancangan menjadi bentuk kode program untuk membuat system pakar diagnosa kerusakan mesin motor injeksi berbasis *website* menggunakan *framework Laravel*. Berikut tampilan dari *website* system pakar yang telah dikembangkan oleh peneliti.



Gambar 3. Tampilan halaman awal sistem pakar kerusakan mesin motor injeksi

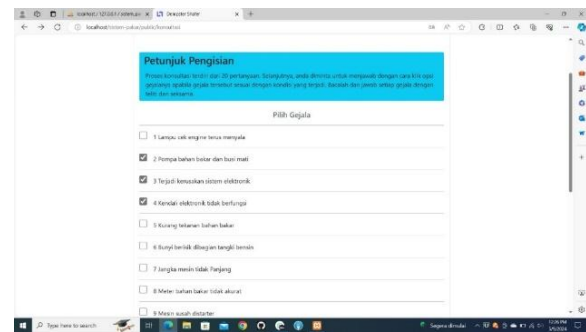
Pada Gambar 3. Merupakan tampilan atau halaman awal yang akan muncul ketika pengunjung mengakses sistem pakar. Halaman ini terdapat fitur untuk daftar/login sebelum melakukan konsultasi bagi pengunjung.



Gambar 4. Tampilan halaman daftar dan login user

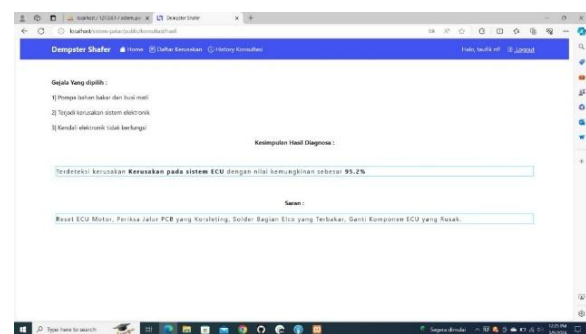
Pada Gambar 4. Merupakan tampilan yang muncul apabila pengunjung menombol daftar/login. Pendaftaran akun dilakukan dengan mengisi nama,

nomor *handphone*, *username*, dan *password*. Dan jika login, pengunjung memasukkan *username* dan *password* yang telah didaftarkan.



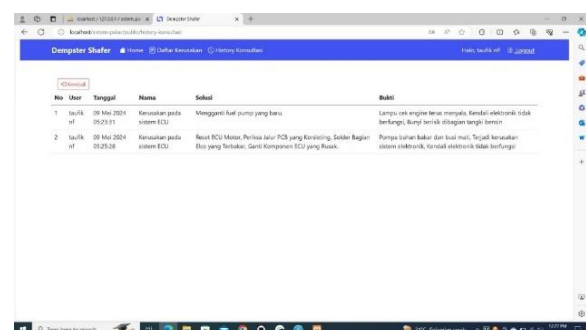
Gambar 5. Tampilan halaman konsultasi

Setelah pengunjung atau admin melakukan daftar dan *login* akun, sistem pakar akan menampilkan halaman konsultasi seperti pada Gambar 5. Pengunjung dapat memulai konsultasi dengan memilih gejala minimal 2 gejala untuk mendiagnosa kerusakan mesin motor injeksi.



Gambar 6. Tampilan halaman hasil konsultasi

Setelah melakukan konsultasi dengan memilih gejala kerusakan, pengunjung akan mendapatkan hasil diagnosa yang ditampilkan oleh sistem pakar seperti pada Gambar 6. Yang mana berupa persentase keyakinan yang dihitung menggunakan metode *Dempster Shafer*.



Gambar 7. Tampilan halaman riwayat konsultasi

Jika pengunjung ingin mengakses ulang hasil konsultasinya, pengunjung dapat menekan fitur riwayat konsultasi seperti pada Gambar 7. Sistem pakar akan menampilkan hasil konsultasi yang telah dilakukan oleh pengunjung berupa nama pengunjung,

tanggal konsultasi, nama kerusakan, beserta solusi dan buktinya.

4.1. Black box testing

Black box testing merupakan pengujian yang menitikberatkan pada menguji fitur dan perilaku system tanpa mempertimbangkan kompleksitas logika

internal perangkat lunak yang diuji [13]. Metode ini dipergunakan untuk memastikan bahwa *software* yang dikembangkan beroperasi sesuai dengan yang diharapkan dan berdasar pada spesifikasi yang telah ditetapkan. Berikut hasil *black box testing* yang telah dilakukan.

Tabel 5. pengujian form login admin

No.	Fitur yang Diuji	Kondisi yang Dilakukan	Kondisi yang Diharapkan	Kondisi Hasil	Hasil
1.	Login User	Password dan username benar	Masuk ke halaman User (dashboard)	Login berhasil	✓
		Password dan username salah	Tidak dapat masuk halaman (dashboard)	Login gagal	✓
		Password salah dan username benar	Tidak dapat masuk halaman (dashboard)	Login gagal	✓
		Password benar dan username salah	Tidak dapat masuk halaman (dashboard)	Login gagal	✓
		Password dan username tidak diisi	Tidak dapat masuk halaman (dashboard)	Login gagal	✓

Pada tabel 5 fitur login pengunjung saat dilakukan pengujian dari kondisi yang dilakukan dengan kondisi yang diharapkan menunjukkan bahwa fitur berjalan dan dinyatakan fungsi berhasil.

Tabel 6. pengujian konsultasi

No.	Fitur yang Diuji	Kondisi yang Dilakukan	Kondisi yang Diharapkan	Kondisi Hasil	Hasil
1.	halaman konsultasi	Konsultasi dengan memilih gejala minimal 2 gejala	Menampilkan hasil konsultasi atau hasil diagnosa kerusakan	Menampilkan hasil konsultasi atau hasil diagnosa kerusakan	✓

Pada tabel 6 fitur halaman konsultasi saat dilakukan pengujian dari kondisi yang dilakukan dengan kondisi yang diharapkan menunjukkan bahwa fitur berjalan dan fungsi dinyatakan berhasil.

Tabel 7. pengujian riwayat konsultasi

No.	Fitur yang Diuji	Kondisi yang Dilakukan	Kondisi yang Diharapkan	Kondisi Hasil	Hasil
1.	Riwayat konsultasi	klik fitur riwayat konsultasi setelah konsultasi	Menampilkan riwayat hasil konsultasi atau hasil diagnosa kerusakan	Menampilkan riwayat hasil konsultasi atau hasil diagnosa kerusakan	✓

Pada tabel 6. fitur halaman riwayat konsultasi saat dilakukan pengujian dari kondisi yang dilakukan dengan kondisi yang diharapkan menunjukkan bahwa fitur berjalan dan fungsi dinyatakan berhasil. Pada Berdasarkan hasil pengujian dengan sampel uji yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa secara fungsional, system pakar berbasis *website* untuk mendiagnosis kerusakan mesin motor injeksi berjalan sesuai yang diharapkan. Setiap fitur beroperasi dengan baik tanpa adanya kesalahan yang terdeteksi dalam sistem tersebut.

4.2. Pengujian Validasi kelayakan

Pengujian kelayakan menggunakan lembar uji validasi untuk mengukur kelayakan system saat digunakan [14].

Pengujian kelayakan system pakar diagnose dilakukan dengan mengolah data yang diperoleh dari lembar validasi. Data validator kualifikasi, dan hasil analisis data dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 8. Pengujian validasi kelayakan

No.	Nama Validator	Kualifikasi	Nilai Perolehan	Nilai Maksimal
1.	H. K, S.T., M.T.	Kepala bengkel Surabaya Performance dan Dosen di Universitas Sunan Giri	36	40

Data pengujian yang diperoleh dari validator tersebut dianalisis dan dihitung menggunakan rumus sehingga diperoleh nilai rata-rata sebagai berikut.

$$\frac{\text{skor yang didapat}}{\text{skor maksimal}} \times 100\% = \frac{36}{40} \times 100\% = 90\%$$

Dengan nilai yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa hasil uji melalui lembar validasi pakar

menunjukkan hasil sebesar 90% yang berarti berdasarkan kriteria validitas, sistem pakar “sangat valid” atau “sangat layak” tanpa adanya revisi. sehingga dari tahap penelitian paling terakhir yaitu evaluasi dan pemeliharaan dapat disimpulkan bahwa sistem pakar dapat digunakan, namun jika terjadi kendala dapat segera dilakukan perbaikan.

4.3. Pengujian akurasi

Pengujian akurasi diperlukan guna mengukur keakuratan diagnose kerusakan mesin motor injeksi oleh system pakar dan menghasilkan diagnose yang tepat dan sesuai dengan penalaran pakar dan data pengujian [15].

Pengujian ini menggunakan kuisioner dalam format *google form* yang diisi oleh pelanggan Bengkel “Aneka Motor” yang pernah mengalami kerusakan mesin motor injeksi dan melakukan perbaikan di bengkel tersebut. Dari kuisioner ini dapat diketahui gejala-gejala yang pernah dialami mesin motor injeksi untuk kemudian didiagnosa secara manual oleh 10 pakar yang mana merupakan mekanik berpengalaman pada bidangnya. Berdasarkan hasil pengujian diperolehnya 16 sampel data pelanggan yang pernah mengalami kerusakan mesin motor injeksi yang mana hasil data beserta hasil pengujian diagnosa dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9. Pengujian akurasi

No.	Motor	Kode Gejala	Diagnosa Sistem	Diagnosa Pakar									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Scoopy	G1, G5, G6	Fuelpump	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.	Vario	G15, G17, G18, G20	Sensor dan throttle body	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3.	Vario	G3, G4, G7	ECU	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
4.	Beat	G2, G5, G7	Fuelpump	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5.	Vario	G4, G10, G11	Injektor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6.	Vario	G9, G11, G12, G13	Injektor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7.	NMAX	G12, G14, G16	Sensor dan throttle body	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
8.	CB150R	G10, G11, G13, G15	Injektor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9.	NMAX	G14, G16, G18	Sensor dan throttle body	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10.	Vario	G10, G18, G19, G20	Sensor dan throttle body	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
11.	MioJ	G13, G18, G20	Injektor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12.	Beat	G12, G20	Sensor dan throttle body	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13.	Vario	G1, G8	Fuelpump	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14.	Vixion	G4, G7, G10	Injektor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15.	Vixion	G6, G12, G17	Fuelpump	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16.	PCX	G5, G9	Fuelpump	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Pada tabel 9 menunjukkan hasil akurasi dengan nilai 1 menandakan bahwa system diagnose sama dengan diagnose yang dilakukan pakar. Sedangkan, nilai akurasi 0 menunjukkan ketidaksesuaian antara system diagnosis dan diagnosis pakar. Berdasarkan table telah dilakukan pengujian akurasi oleh sebanyak 10 pakar dengan 16 sampel data kerusakan mesin motor injeksi dan hasil nilai akurasi sebagai berikut

$$\text{Nilai akurasi} = \frac{\text{Jumlah data akurat}}{\text{Jumlah seluruh data}} \times 100\%$$

$$\text{Nilai akurasi} = \frac{151}{16} \times 100\%$$

$$\text{Nilai akurasi} = 94,38\%$$

Jadi, dapat ditarik Kesimpulan bahwa penerapan metode *Dempster Shafer* dari 16 data yang telah diuji mencapai tingkat akurasi cukup baik dan tinggi dengan nilai sebesar 94,38% dan dikatakan sesuai diagnose pakar.

4.4. Evaluasi dan Pemeliharaan

Tahap evaluasi merupakan tahap di mana dilakukannya perbaikan system pakar pada setiap tahapan di model *waterfall*. Hal ini penting untuk diketahuinya system pakar yang dikembangkan telah layak dan berfungsi sesuai harapan. Hasil dari pengujian kelayakan menunjukkan bahwa system

pakar doagnosa kerusakan mesin motor injeksi dapat digunakan tanpa adanya revisi dan dinyatakan sangat valid atau sangat layak. Setelah semua tahapan selesai, system pakar dapat digunakan dan dilakukan pemeliharaan secara berkala oleh admin. Jika ditemui eror atau ketidaksesuaian hasil diagnose, maka admin dapat melakukan perbaikan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian penerapan metode *Dempster Shafer* pada system pakar diagnose kerusakan mesin motor injeksi menggunakan model *waterfall*, dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) penerapan metode *Dempster Shafer* pada system pakar diagnose kerusakan mesin motor injeksi dapat diterapkan. Sistem diterapkan menggunakan *PHP* dan *javascript* dengan *database MySQL*. dan mampu mendiagnosa kerusakan dengan memberi informasi terkait gejala, kerusakan mesin motor injeksi, beserta solusinya sehingga dapat membantu mekanik maupun masyarakat dalam mendiagnosa kerusakan mesin motor injeksi mereka agar proses *service* tidak memakan waktu yang lama. Ketentuan yang digunakan berdasarkan hasil wawancara dengan pakar sebanyak 4 kerusakan dan 20 gejala kerusakan; (2) Berdasarkan pengujian *black box testing* menunjukkan bahwa

system dapat berjalan dengan semestinya sesuai harapan. Hasil pengujian validasi kelayakan system pakar menunjukkan bahwa system layak untuk digunakan oleh mekanik dan masyarakat menurut pakar dengan memperoleh nilai 90%. Dan hasil dari pengujian akurasi dari 16 kasus dari pelanggan bengkel Aneka Motor kepada 10 pakar memperoleh nilai akurasi sebesar 94,38%. Sedangkan ketidakakuratan diagnose system sebesar 5,62% dikarenakan keyakinan pakar atau mekanik yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Afnur, T. Sriwahyuni, dan A. Hadi, "Rancang Bangun Aplikasi Sistem Pakar Untuk Diagnosis Kerusakan Sepeda Motor Matic Menggunakan Metode Forward Chaining," *Voteteknika (Vocational Tek. Elektron. dan Inform.)*, vol. 5, no. 1, 2017, doi: 10.24036/voteteknika.v5i1.6524.
- [2] D. K. Wati dan W. Kuswinardi, "Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Sepeda Motor Matic Injeksi Menggunakan Metode Dempster Shafer," *Bimasakti*, hal. 1–5, 2014.
- [3] H. Hikmatulloh, D. Wintana, dan S. Susilawati, "Sistem Pakar Analisa Kerusakan Sepeda Motor Matic Dengan Metode Dempster Shafer Dan Pemrograman Python," *Klik - Kumpul. J. Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, hal. 1, 2020, doi: 10.20527/klik.v7i1.193.
- [4] N. S. B. Sembiring dan M. D. Sinaga, "Penerapan Metode Dempster Shafer Untuk Mendiagnosa Penyakit Dari Akibat Bakteri Treponema Pallidum Application Of Dempster Shafer Method For Diagnosing Diseases Due To Treponema Pallidum Bacteria," *CSRID J.*, vol. 9, no. 3, hal. 180–189, 2017, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.doi.org/10.22303/csrid.9.3.2017.180-189>.
- [5] R. Saragih, D. Jean Cross Sihombing, dan E. Rahmi, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kelapa Sawit Menggunakan Metode Dempster Shafer Berbasis Web," *J. Inf. Technol. Account.*, vol. I, no. 1, hal. 2614–4484, 2018, [Daring]. Tersedia pada: <http://jita.amikimelda.ac.id>.
- [6] S. Iswanti dan R. N. Anggraeny, "Implementasi Metode Dempster-Shafer Pada Sistem Pakar Pendiagnosa Kerusakan Sepeda Motor," *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 14, no. 1, hal. 38, 2019, doi: 10.30872/jim.v14i1.1443.
- [7] H. A. Muhammad Iqbal, "Diagnosa Kerusakan Sepeda Motor Vespa Menggunakan Metode Dempster Shafer Berbasis Android," *J. Progresif*, vol. 13, no. 1, hal. 1615 – 1622, 2017, [Daring]. Tersedia pada: <http://ojs.stmik-banjarbaru.ac.id/index.php/progresif/article/view/215>.
- [8] E. G. Wahyuni dan W. Prijodiprodjo, "Prototype Sistem Pakar untuk Mendeteksi Tingkat Resiko Penyakit Jantung Koroner dengan Metode Dempster-Shafer," *IJCCS (Indonesian J. Comput. Cybern. Syst.)*, vol. 7, no. 2, hal. 133, 2013, doi: 10.22146/ijccs.3352.
- [9] L. Septiana, "Metode Dempster-Shafer Untuk Sistem Pakar Deteksi Kerusakan Mesin Cuci Berbasis Web," *Techno Nusa Mandiri*, vol. 12, no. 2, hal. 137–146, 2015.
- [10] R. Yunitarini, D. A. Pradita, dan M. A. Effindi, "Aplikasi Database Rempah Untuk Produksi Jamu Madura Berbasis Website," *J. Sist. Inf. dan Inform.*, vol. 2, no. 2, hal. 75–83, 2023, doi: 10.33379/jusifor.v2i2.3333.
- [11] S. Orthega, N. Hidayat, dan E. Santoso, "Implementasi Metode Dempster-Shafer untuk Mendiagnosa Penyakit Tanaman Padi," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 10, hal. 1240–1247, 2017.
- [12] E. Ernia, A. T. Sumpala, dan ..., "Sistem Pakar Hama dan Penyakit Tanaman Cabai Rawit menggunakan Metode Dempster Shafer," ... *Sains dan ...*, vol. 1, no. 1, hal. 401–408, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://epublikasi.digitalinnovation.com/index.php/sempatin/article/view/61%0Ahttps://epublikasi.digitalinnovation.com/index.php/sempatin/article/download/61/49>.
- [13] A. Candora,) ; Maryaningsih, dan I. Y. Beti, "An Expert System In Diagnosing Eye Diseases Using The Dempster Shafer Method Sistem Pakar Dalam Mendiagnosa Penyakit Mata Dengan Menggunakan Metode Dempster Shafer," *J. Kom.*, vol. 3, no. 2, hal. 559–570, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://do.org/10.53697/jkomitek.v3.2>.
- [14] A. Sasongko, W. E. Jayanti, dan D. Risdiansyah, "USE Questionnaire Untuk Mengukur Daya Guna Sistem Informasi e-Tadkzirah," *J. Khatulistiwa Inform.*, vol. 8, no. 2, 2020, doi: 10.31294/jki.v8i2.9135.
- [15] S. Moedjiono, D. Rizal, dan A. Kusdaryono, "Web Expert Systems for Senility Disease Diagnose (Dementia) using Dempster-Shafer Method," vol. 1, no. August, hal. 61–68, 2017.