

Implementasi Sistem Pakar Untuk Mengidentifikasi Kerusakan ECU (Engine Control Unit) Motor Matic Yamaha Nmax Menggunakan Metode Teorema Bayes

Muhammad Taufik¹, Faisal Taufik², Juniar Hutagalung³

^{1,2,3} Sistem Informasi, STMIK Triguna Dharma

Email: ¹muhammادتaufik130520@gmail.com, ²faisal.taufik04@gmail.com, ³juniarhutagalung991@gmail.com

Abstrak

Peranan sepeda motor selain sebagai sarana mobilitas, juga memiliki manfaat lain yang dirasakan dalam menggunakan motor adalah lebih memiliki nilai ekonomis karena lebih hemat dibandingkan menggunakan mobil atau kendaraan umum. Salah satu sepeda motor yang sangat diminati adalah motor Yamaha NMAX, Yamaha NMAX merupakan motor matic dengan mesin 150 CC yang banyak diminati para kalangan pria. Karena tergolong sebagai kendaraan baru, maka masih banyak pengguna yang belum memahami betul bagaimana keunggulan dan kelemahan dari Yamaha NMAX. Salah satu kerusakan yang masih jarang diketahui oleh sebagian besar pemilik Yamaha NMAX yaitu kerusakan Engine Control Unit (ECU). Dikarenakan mekanik yang ada di bengkel terbatas dalam mengidentifikasi masalah ECU, maka dibutuhkan suatu sistem terkomputerisasi yang mampu digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan ECU. Dengan alasan itulah maka diangkat penelitian dengan judul "Implementasi Sistem Pakar Untuk Mengidentifikasi Kerusakan ECU (Engine Control Unit) Motor Matic Yamaha Nmax Menggunakan Metode Teorema Bayes". Penelitian tersebut bertujuan untuk menciptakan suatu sistem berbasis komputerisasi, kemudian dengan diterapkannya sistem tersebut maka hasil yang didapatkan akan benar-benar akurat dan cepat kemudian dapat membantu mekanik ataupun masyarakat. Dapat dikatakan bahwa dengan pengujian sistem berdasarkan gejala-gejala yang terjadi pada kendaraan akan memberikan jawaban pasti kerusakan apa yang terjadi pada kendaraan tersebut berdasarkan nilai akhir yang didapat. Hal ini karena penerapan metode yang di masukkan ke dalam coding program sehingga sistem ini dapat membantu masyarakat dan mekanik.

Kata Kunci : Sepeda Motor, Matic, Kerusakan ECU, Sistem Pakar, Teorema Bayes

Abstract

Apart from being a means of mobility, the role of motorbikes also has other benefits that are felt when using a motorbike, namely that it has more economic value because it is more economical than using a car or public transportation. One of the motorbikes that is very popular is the Yamaha NMAX motorbike. The Yamaha NMAX is an automatic motorbike with a 150 CC engine which is much sought after by men. Because it is a new vehicle, there are still many users who don't really understand the advantages and disadvantages of the Yamaha NMAX. One of the damages that most Yamaha NMAX owners still rarely know about is damage to the Engine Control Unit (ECU). Because mechanics in workshops are limited in identifying ECU problems, a computerized system is needed that can be used to identify ECU damage. For this reason, research was raised with the title "Implementation of an Expert System to Identify Damage to the Yamaha Nmax Automatic Motorcycle ECU (Engine Control Unit) Using the Bayes Theorem Method". This research aims to create a computer-based system, then by implementing this system the results obtained will be truly accurate and fast and can then help mechanics or the public. It can be said that by testing the system based on the symptoms that occur in the vehicle, it will provide a definite answer as to what damage has occurred to the vehicle based on the final value obtained. This is due to the application of the methods introduced into the coding program so that this system can help people and mechanics.

Keywords : Motorcycles, Automatic, ECU Damage, Expert Systems, Bayes' Theorem

1. PENDAHULUAN

Saat ini, alat transportasi telah menjadi kebutuhan *primer*. Sepeda motor adalah salah satu transportasi yang menjadi kebutuhan masyarakat dari kalangan bawah sampai kalangan atas. Keberadaannya sangat membantu masyarakat dalam menjalankan aktivitas sehari-hari yang menuntut masyarakat bergerak dengan cepat. Sepeda motor menjadi pilihan utama saat ini karena bisa menembus jalanan yang sekarang sudah mulai padat dimana penggunaan kendaraan roda empat nyaris tidak menjadi pilihan. Banyak hal yang menjadi alasan masyarakat lebih memilih sepeda motor sebagai sarana transportasi dibandingkan kendaraan lainnya.

Alasan terpenting orang memilih sepeda motor karena masyarakat ingin lebih cepat sampai tujuan dengan menghindari kemacetan lalu lintas. Peranan sepeda motor selain sebagai sarana mobilitas, juga memiliki manfaat lain yang dirasakan dalam menggunakan motor adalah lebih memiliki nilai ekonomis karena lebih hemat dibandingkan menggunakan mobil atau kendaraan umum [1]. Secara nasional jumlah kendaraan bermotor meningkat setiap tahun terutama sepeda motor. Menurut laporan Statistik Indonesia 2023 yang dirilis Badan Pusat Statistik (BPS), pada akhir 2022 ada sekitar 125,3 juta unit motor di Indonesia. Selama periode 2012-2022 jumlah sepeda motor di dalam negeri sudah bertambah sekitar 48,9 juta unit atau tumbuh 64% [2].

Salah satu sepeda motor yang sangat diminati adalah motor Yamaha NMAX, Yamaha NMAX merupakan motor matic dengan mesin 150 CC yang banyak diminati para kalangan pria. Yamaha NMAX diluncurkan dan

diperkenalkan pada masyarakat Indonesia pada bulan Februari 2015 lalu. Karena tergolong sebagai kendaraan baru, maka masih banyak pengguna yang belum memahami betul bagaimana keunggulan dan kelemahan dari Yamaha NMAX, kecuali yang memang memiliki pengetahuan di dunia otomotif. Setiap kendaraan tentunya memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing. Pengguna mempercayakan masalah sepeda motor pada mekanik di bengkel dengan jam kerja yang terbatas.

Salah satu kerusakan yang masih jarang diketahui oleh sebagian besar pemilik Yamaha NMAX yaitu kerusakan Engine Control Unit (ECU). ECU adalah sebuah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengatur operasi dari internal combustion engine (mesin pembakaran dalam). Manfaat menggunakan ECU ini akan menyebabkan waktu pengapian dan penyemprotan bahan bakar lebih presisi [3]. Dikarenakan mekanik yang ada di bengkel terbatas dalam mengidentifikasi masalah ECU, maka dibutuhkan suatu sistem terkomputerisasi yang mampu digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan ECU, sehingga proses perbaikan lebih maksimal, cepat dan efisien. Dari berbagai riset yang sudah dilakukan, ternyata sistem pakar mampu untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini akan menjelaskan bagaimana pemanfaatan sistem pakar dalam mengidentifikasi kerusakan ECU.

Sistem pakar adalah sistem berbasis komputer yang menggunakan pengetahuan, fakta, dan teknik penalaran dalam memecahkan masalah yang biasanya hanya seorang pakar bidang tersebut. Sistem pakar dibuat pada wilayah pengetahuan tertentu untuk suatu kepakaran tertentu yang mendekati kemampuan manusia di salah satu bidang. Sistem pakar mencoba mencari solusi yang memuaskan sebagaimana yang dilakukan seorang pakar [4]. Dalam sistem pakar terdapat klasifikasi identifikasi, metode yang dapat digunakan untuk identifikasi yaitu salah satunya metode Teorema Bayes.

Teorema bayes digunakan untuk menghitung probabilitas terjadinya suatu peristiwa berdasarkan pengaruh yang didapat dari hasil observasi. Disamping ini metode bayes memanfaatkan data sampel yang diperoleh dari populasi juga memperhitungkan suatu distribusi awal yang disebut distribusi prior [5].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam melakukan suatu penelitian memerlukan langkah-langkah atau cara tertentu yang menjadi pedoman selama proses penelitian, agar hasil penelitian sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Jika metodologi penelitian yang dilakukan baik, maka semakin baik pula hasil penelitian yang didapatkan. Terdapat dua bagian metode penelitian dalam mengidentifikasi kerusakan ECU (*Engine Control Unit*) motor *matic* Yamaha NMAX yaitu pengumpulan data dan studi pustaka.

2.1.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan teknik observasi. Kegiatan tersebut dilakukan dengan melakukan tinjauan langsung ke tempat studi kasus yaitu di Bengkel Adi Bedoel Motor. Dari pengumpulan data yang dilakukan diperoleh data kerusakan ECU (*Engine Control Unit*) sebagai berikut:

Tabel 1. Data Kerusakan ECU

No	Kerusakan
1	ECU Memory Error
2	Fuel Injector Sensor
3	Coolant Temperature Sensor
4	Crankshaft Position Sensor
5	Throttle Position Sensor

Selain data kerusakan ECU (*Engine Control Unit*), penelitian yang dilakukan juga memperoleh data gejala-gejala kerusakan ECU sebagai berikut:

Tabel 2. Data Gejala Kerusakan ECU

No.	Gejala
1	Kontak MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) Menyala
2	1 Kedipan Panjang Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>)
3	3 Kedipan Panjang Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>)
4	5 Kedipan Panjang Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>)
5	1 Kedipan Pendek Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>)
6	3 Kedipan Pendek Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>)
7	7 Kedipan Pendek Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>)
8	Muncul kode error pada tampilan speedometer

9	Panas berlebihan pada mesin
10	Motor tidak bisa hidup
11	Boros Bahan Bakar
12	Mesin Tersendat-sendat

Selanjutnya dari penelitian yang dilakukan juga memperoleh data gejala basis pengetahuan dari gejala dan kerusakan ECU sebagai berikut:

Tabel 3. Basis Pengetahuan Kerusakan ECU

Kode Gejala	Gejala	Kerusakan ECU				
		K01	K02	K03	K04	K05
G01	Kontak MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) Menyala	√	√	√	√	√
G02	1 Kedipan Panjang Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>)			√	√	√
G03	3 Kedipan Panjang Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>)		√			
G04	5 Kedipan Panjang Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>)	√				
G05	1 Kedipan Pendek Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>)		√	√		
G06	3 Kedipan Pendek Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>)				√	
G07	7 Kedipan Pendek Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>)					√
G08	Muncul kode error pada tampilan speedometer	√				
G09	Panas berlebihan pada mesin			√		
G10	Motor tidak bisa hidup	√	√		√	√
G11	Boros Bahan Bakar		√	√		
G12	Mesin Tersendat-sendat		√		√	

2.1.2 Studi Pustaka

Dalam penelitian ini diperlukan referensi-referensi yang mendukung dalam proses penelitian yang dilakukan berupa teori-teori yang bersumber dari 23 Jurnal Nasional tentang sistem pakar, metode teorema bayes dan pemodelan sistem.

2.2 Sistem Pakar

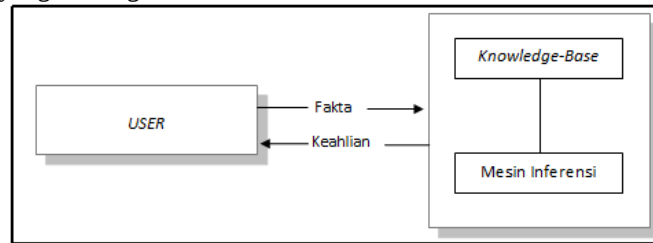
Sistem pakar adalah salah satu cabang dari *Artificial Intelligence* yang membuat penggunaan secara luas *knowledge* yang khusus untuk penyelesaian masalah tingkat manusia yang pakar. Dengan sistem pakar ini, orang awam pun dapat menyelesaikan masalahnya atau hanya sekedar mencari suatu informasi berkualitas yang sebenarnya hanya dapat diperoleh dengan bantuan para ahli dibidangnya. Sistem pakar adalah sistem berbasis komputer yang menggunakan pengetahuan, fakta, dan teknik penalaran dalam memecahkan masalah yang biasanya hanya dapat dipecahkan oleh seorang pakar dalam bidang tersebut. Sistem pakar memberikan nilai tambah pada teknologi untuk membantu dalam menangani era informasi yang semakin canggih [6].

Suatu sistem pakar adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer yang dirancang untuk memodelkan kemampuan menyelesaikan masalah seperti layaknya seorang pakar. Dengan sistem pakar ini, orang awam pun dapat menyelesaikan masalahnya atau hanya sekedar mencari suatu informasi berkualitas yang sebenarnya hanya dapat diperoleh dengan bantuan para ahli di bidangnya [7].

Sistem pakar (*Expert System*) merupakan salah satu teknik kecerdasan buatan. Sistem pakar dapat didefinisikan sebagai sistem yang mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer. Hal ini bertujuan agar komputer dapat menyelesaikan permasalahan seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli. Sebuah sistem pakar yang baik harus dirancang sesuai kerja para ahli dalam menyelesaikan sebuah permasalahan. Sistem pakar dapat membantu aktifitas para ahli sebagai asisten yang berpengalaman [8].

Secara umum, sistem pakar (*expert system*) adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke dalam komputer, agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli. Menurut Marimin sistem pakar adalah sistem perangkat lunak komputer yang menggunakan ilmu, fakta, dan teknik berpikir

dalam pengambilan keputusan untuk menyelesaikan masalah masalah yang biasanya hanya dapat diselesaikan oleh tenaga ahli dalam bidang yang bersangkutan [9].



Gambar 1. Konsep Dasar Fungsi Sistem Pakar

2.3 Mesin EFI (Electronic Fuel Injection)

Mesin dengan karburator konvensional, jumlah bahan bakar yang diperlukan oleh mesin diatur oleh karburator. Pada mesin modern dengan menggunakan sistem EFI maka jumlah bahan bakar diatur (dikontrol) lebih akurat oleh komputer dengan mengirim bahan bakarnya ke silinder melalui injektor. Sistem EFI menentukan jumlah bahan bakar yang optimal (tepat) disesuaikan dengan jumlah dan temperatur udara yang masuk, kecepatan mesin, temperatur air pendingin, posisi katup throttle, pengembunan oxygen di dalam exhaust pipe, dan kondisi penting lainnya. Komputer EFI mengatur jumlah bahan bakar untuk dikirim ke mesin pada saat penginjeksian dengan perbandingan udara dan bahan bakar yang optimal berdasarkan kepada karakteristik kerja mesin. Sistem EFI menjamin perbandingan udara dan bahan bakar yang ideal dan efisiensi bahan bakar yang tinggi pada setiap saat [10].

2.3.1 ECU (Engine Control Unit)

Electronic Control Unit atau istilah lainnya *Electronic Control Module* merupakan komponen sistem injeksi yang bertugas mengatur kerja dari aktuator berdasarkan masukan dari sensor-sensor [11].

2.3.2 Cara Kerja ECU

Sistem bahan bakar bensin injeksi dengan kontrol elektronik EFI (*Electronic Fuel Injection*) menggunakan konsep pencampuran udara dan bahan bakar, terjadi pada saluran masuk (*intake manifold*) dengan menggunakan sebuah injektor untuk menyemprotkan bahan bakarnya. Pola pengaliran saat penyemprotan bahan bakar ke dalam *intake manifold* diatur oleh sebuah *Electronic Control Unit* (ECU). ECU akan mendapatkan beberapa sensor untuk menyemprotkan bahan bakar dengan saat dan jumlah yang tepat sesuai dengan putaran mesin. Perbandingan jumlah bahan bakar dan udara yang sesuai akan menyebabkan terjadinya pembakaran yang sempurna untuk menghasilkan tenaga yang optimal dan emisi gas buang yang ramah lingkungan [12].

2.4 Metode Teorema Bayes

Penelitian yang dilakukan oleh Adam dan Parveen [13] menyebutkan bahwa metode Bayes dapat digunakan untuk mengembangkan Sistem Cerdas untuk diagnosa penyakit.

Metode Teorema bayes dikemukakan oleh seorang pendeta Presbyterian inggris pada tahun 1763 yang bernama Thomas Bayes ini kemudian disempurnakan Laplace. Teorema bayes digunakan untuk menghitung probabilitas terjadinya suatu peristiwa berdasarkan pengaruh yang didapat dari hasil observasi. Disamping ini metode bayes memanfaatkan data sampel yang diperoleh dari populasi juga memperhitungkan suatu distribusi awal yang disebut distribusi prior [14].

Probabilitas bayes adalah salah satu cara untuk mengatasi ketidakpastian data dengan menggunakan formula Bayes yang dinyatakan sebagai berikut [15]:

$$P(H_k|E) = \frac{P(E|H_k)P(H_k)}{\sum_{k=1,n} P(E|H_k)}$$

Dimana:

$P(H_k|E)$: Probabilitas hipotesa H_k jika diberikan evidence E.

$P(E|H_k)$: Probabilitas munculnya evidence E jika diketahui hipotesa H_k benar.

$P(H_k)$: Probabilitas hipotesa H_k , tanpa memandang evidence apapun.

n : Jumlah hipotesa yang mungkin

Dari *teorema Bayes* dapat dikembangkan jika dilakukan pengujian terhadap hipotesa muncul lebih dari sebuah *evidence*, maka persamaanya menjadi.

$$P(H|E, e) = \frac{P(H|E)P(e|E, H)}{P(e|E)}$$

Dimana:

E : *Evidence* lama

e : *Evidence* baru

$P(H|E, e)$: Probabilitas hipotesa H, jika muncul evidence baru E dari *evidence* lama e

$P(e|E,H)$: Probabilitas kaitan antara e dan E jika hipotesa H benar
 $P(e|E)$: Probabilitas kaitan antara e dan E tanpa memandang hipotesa apapun.
 $P(E|H)$: Probabilitas munculnya evidence E jika diketahui hipotesa H

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Data Penilaian

Sistem Pakar yang digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan ECU (*Engine Control Unit*) motor *matic* Yamaha NMAX adalah dengan menggunakan metode teorema bayes. Perhitungan metode teorema bayes yang digunakan untuk mengukur tingkat kepastian dalam mengidentifikasi gejala-gejala yang terjadi pada kendaraan.

Tabel 4. Basis Aturan Kerusakan ECU

No.	Rule	IF..THEN
1	Rule 1	IF Kontak MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) Menyala AND 5 Kedipan Panjang Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) AND Muncul kode error pada tampilan speedometer AND Motor tidak bisa hidup THEN Kerusakan ECU Memory Error
2	Rule 2	IF Kontak MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) Menyala AND 3 Kedipan Panjang Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) AND 1 Kedipan Pendek Pada MIL(<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) AND Motor tidak bisa hidup AND Boros Bahan Bakar AND Mesin Tersendat-sendat THEN Kerusakan Fuel Injector Sensor
3	Rule 3	IF Kontak MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) Menyala AND 1 Kedipan Panjang Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) AND 5 Kedipan Panjang Pada MIL(<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) AND Panas berlebihan pada mesin AND Boros Bahan Bakar THEN Kerusakan Coolant Temperature Sensor
4	Rule 4	IF Kontak MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) Menyala AND 1 Kedipan Panjang Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) AND 3 Kedipan Pendek Pada MIL(<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) AND Motor tidak bisa hidup AND Mesin Tersendat-sendat THEN Kerusakan Crankshaft Position Sensor
5	Rule 5	IF Kontak MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) Menyala AND 1 Kedipan Panjang Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) AND 7 Kedipan Pendek Pada MIL(<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) AND Motor tidak bisa hidup THEN Kerusakan Throttle Position Sensor

Tabel 5. Nilai Probabilitas Gejala Kerusakan ECU

Gejala	Kerusakan				
	K01	K02	K03	K04	K05
G01	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
G02	0	0	0,7	0,7	0,7
G03	0	0,8	0	0	0
G04	0,8	0	0	0	0
G05	0	0,7	0,7	0	0
G06	0	0	0	0,8	0
G07	0	0	0	0	0,8
G08	0,8	0	0	0	0
G09	0	0	0,8	0	0
G10	0,6	0,6	0	0,6	0,6
G11	0	0,7	0,7	0	0
G12	0	0,7	0	0,7	0

3.2 Melakukan Perhitungan Teorema Bayes

Setelah semua proses sudah terpenuhi, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk mengidentifikasi kerusakan ECU (*Engine Control Unit*). Adapun contoh kasus kerusakannya yang pernah terjadi pada motor *matic* Yamaha NMAX adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Contoh Kasus Kerusakan ECU

Kode Gejala	Gejala	Kerusakan				
		K01	K02	K03	K04	K05
G01	Kontak MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>) Menyala	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
G05	1 Kedipan Pendek Pada MIL (<i>Malfunction Indicator Lamp</i>)	0	0,7	0,7	0	0
G11	Boros Bahan Bakar	0	0,7	0,7	0	0
G12	Mesin Tersendat-sendat	0	0,7	0	0,7	0

Dari tabel kasus kerusakan di atas dapat terlihat bahwa dalam identifikasi kerusakan ECU dengan gejala-gejala yang berbeda, dari data tersebut maka dapat diketahui kerusakan yang terjadi tersebut berdasarkan tingkat kepakaran seorang pakar yang menangani kasus tersebut. Berikut adalah perhitungan untuk mengidentifikasi kerusakan ECU (*Engine Control Unit*). Untuk gejala-gejala yang terjadi pada kendaraan, kita deskripsikan sebagai G01, G05, G11 dan G12 untuk membantu proses perhitungan.

a. Perhitungan Kerusakan *ECU Memory Error*

Untuk mengetahui hasil dari kerusakan *ECU Memory Error*, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$G01 = 0.6$$

$$G05 = 0$$

$$G11 = 0$$

$$G12 = 0$$

Kemudian mencari nilai semesta dengan menjumlahkan dari hipotesa diatas:

$$\sum_{k=1}^4 = G01 + G05 + G11 + G12$$

$$= 0.6 + 0 + 0 + 0$$

$$= 0.6$$

Selanjutnya mencari nilai P(Hi) adalah sebagai berikut :

$$P(H1) = P(E | H1) / \sum_{k=1}^4 = 0.6/0.6 = 1$$

$$P(H2) = P(E | H2) / \sum_{k=1}^4 = 0/0.6 = 0$$

$$P(H3) = P(E | H3) / \sum_{k=1}^4 = 0/0.6 = 0$$

$$P(H4) = P(E | H4) / \sum_{k=1}^4 = 0/0.6 = 0$$

Setelah nilai P(Hi) diketahui maka langkah selanjutnya adalah :

$$\sum_{k=1}^4 = P(E | Hk) * P(Hk)$$

$$= (0.6*1) + (0*0) + (0*0) + (0*0)$$

$$= 0.6 + 0 + 0 + 0$$

$$= 0.6$$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai P(Hi E) yaitu sebagai berikut :

$$P(H1 | E) = (0.6*1) / 0.6 = 1$$

$$P(H2 | E) = (0*0) / 0.6 = 0$$

$$P(H3 | E) = (0*0) / 0.6 = 0$$

$$P(H4 | E) = (0*0) / 0.6 = 0$$

Setelah seluruh nilai P(Hi E) diketahui, maka jumlahkan seluruh nilai dengan rumus berikut :

$$\sum_{k=1}^5 = \text{Buyes 1} + \text{Buyes 2} + \text{Buyes 3} + \text{Buyes 4}$$

$$= (0.6*1) + (0*0) + (0*0) + (0*0)$$

$$= 0.6 + 0 + 0 + 0$$

$$= 0.6$$

$$= 0.6 * 100\%$$

$$= \mathbf{60\%}$$

b. Perhitungan Kerusakan *Fuel Injector Sensor*

Untuk mengetahui hasil dari kerusakan *Fuel Injector Sensor*, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$G01 = 0.6$$

$$G05 = 0.7$$

$$G11 = 0.7$$

$$G12 = 0.7$$

Kemudian mencari nilai semesta dengan menjumlahkan dari hipotesa diatas:

$$\sum_{k=1}^4 = G01 + G05 + G11 + G12$$

$$= 0.6 + 0.7 + 0.7 + 0.7$$

$$= 2.7$$

Selanjutnya mencari nilai $P(H_i)$ adalah sebagai berikut :

$$P(H_1) = P(E | H_1) / \sum_{k=1}^4 = 0.6/2.7 = 0.22$$

$$P(H_2) = P(E | H_2) / \sum_{k=1}^4 = 0.7/2.7 = 0.26$$

$$P(H_3) = P(E | H_3) / \sum_{k=1}^4 = 0.7/2.7 = 0.26$$

$$P(H_4) = P(E | H_4) / \sum_{k=1}^4 = 0.7/2.7 = 0.26$$

Setelah nilai $P(H_i)$ diketahui maka langkah selanjutnya adalah :

$$\sum_{k=1}^4 = P(E | H_k) * P(H_k)$$

$$= (0.6*0.22) + (0.7*0.26) + (0.7*0.26) + (0.7*0.26)$$

$$= 0.13 + 0.18 + 0.18 + 0.18$$

$$= 0.67$$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai $P(H_i | E)$ yaitu sebagai berikut :

$$P(H_1 | E) = (0.6*0.22) / 0.67 = 0.19$$

$$P(H_2 | E) = (0.7*0.26) / 0.67 = 0.27$$

$$P(H_3 | E) = (0.7*0.26) / 0.67 = 0.27$$

$$P(H_4 | E) = (0.7*0.26) / 0.67 = 0.27$$

Setelah seluruh nilai $P(H_i | E)$ diketahui, maka jumlahkan seluruh nilai dengan rumus berikut :

$$\sum_{k=1}^5 = \text{Buyes 1} + \text{Buyes 2} + \text{Buyes 3} + \text{Buyes 4}$$

$$= (0.6*0.19) + (0.7*0.27) + (0.7*0.27) + (0.6*0.27)$$

$$= 0.11 + 0.19 + 0.19 + 0.19$$

$$= 0.68$$

$$= 0.68 * 100\%$$

$$= \mathbf{68\%}$$

c. Perhitungan Kerusakan *Coolant Temperature Sensor*

Untuk mengetahui hasil dari kerusakan *Coolant Temperature Sensor*, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$G_{01} = 0.6$$

$$G_{05} = 0.7$$

$$G_{11} = 0.7$$

$$G_{12} = 0$$

Kemudian mencari nilai semesta dengan menjumlahkan dari hipotesa diatas:

$$\sum_{k=1}^4 = G_{01} + G_{05} + G_{11} + G_{12}$$

$$= 0.6 + 0.7 + 0.7 + 0$$

$$= 2$$

Selanjutnya mencari nilai $P(H_i)$ adalah sebagai berikut :

$$P(H_1) = P(E | H_1) / \sum_{k=1}^4 = 0.6/2 = 0.3$$

$$P(H_2) = P(E | H_2) / \sum_{k=1}^4 = 0.7/2 = 0.35$$

$$P(H_3) = P(E | H_3) / \sum_{k=1}^4 = 0.7/2 = 0.35$$

$$P(H_4) = P(E | H_4) / \sum_{k=1}^4 = 0/2 = 0$$

Setelah nilai $P(H_i)$ diketahui maka langkah selanjutnya adalah :

$$\sum_{k=1}^4 = P(E | H_k) * P(H_k)$$

$$= (0.6*0.3) + (0.7*0.35) + (0.7*0.35) + (0*0)$$

$$= 0.18 + 0.24 + 0.24 + 0$$

$$= 0.67$$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai $P(H_i | E)$ yaitu sebagai berikut :

$$P(H_1 | E) = (0.6*0.3) / 0.66 = 0.27$$

$$P(H_2 | E) = (0.7*0.35) / 0.66 = 0.36$$

$$P(H_3 | E) = (0.7*0.35) / 0.66 = 0.36$$

$$P(H_4 | E) = (0*0) / 0.66 = 0$$

Setelah seluruh nilai $P(H_i | E)$ diketahui, maka jumlahkan seluruh nilai dengan rumus berikut :

$$\sum_{k=1}^5 = \text{Buyes 1} + \text{Buyes 2} + \text{Buyes 3} + \text{Buyes 4}$$

$$= (0.6*0.27) + (0.7*0.36) + (0.7*0.36) + (0*0)$$

$$= 0.16 + 0.25 + 0.25 + 0$$

$$= 0.66$$

$$= 0.66 * 100\%$$

$$= \mathbf{66\%}$$

d. Perhitungan Kerusakan *Crankshaft Position Sensor*

Untuk mengetahui hasil dari kerusakan *Crankshaft Position Sensor*, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$G01 = 0.6$$

$$G05 = 0$$

$$G11 = 0$$

$$G12 = 0.7$$

Kemudian mencari nilai semesta dengan menjumlahkan dari hipotesa diatas:

$$\sum_{k=1}^4 = G01 + G05 + G11 + G12$$

$$= 0.6 + 0 + 0 + 0.7$$

$$= 1.3$$

Selanjutnya mencari nilai $P(H_i)$ adalah sebagai berikut :

$$P(H1) = P(E | H1) / \sum_{k=1}^4 = 0.6/1.3 = 0.46$$

$$P(H2) = P(E | H2) / \sum_{k=1}^4 = 0/1.3 = 0$$

$$P(H3) = P(E | H3) / \sum_{k=1}^4 = 0/1.3 = 0$$

$$P(H4) = P(E | H4) / \sum_{k=1}^4 = 0.7/1.3 = 0.54$$

Setelah nilai $P(H_i)$ diketahui maka langkah selanjutnya adalah :

$$\sum_{k=1}^4 = P(E | H_k) * P(H_k)$$

$$= (0.6*0.46) + (0*0) + (0*0) + (0.7*0.54)$$

$$= 0.28 + 0 + 0 + 0.38$$

$$= 0.66$$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai $P(H_i | E)$ yaitu sebagai berikut :

$$P(H1 | E) = (0.6*0.46) / 0.66 = 0.42$$

$$P(H2 | E) = (0*0) / 0.66 = 0$$

$$P(H3 | E) = (0*0) / 0.66 = 0$$

$$P(H4 | E) = (0.7*0.54) / 0.66 = 0.58$$

Setelah seluruh nilai $P(H_i | E)$ diketahui, maka jumlahkan seluruh nilai dengan rumus berikut :

$$\sum_{k=1}^5 = \text{Buyes 1} + \text{Buyes 2} + \text{Buyes 3} + \text{Buyes 4}$$

$$= (0.6*0.42) + (0*0) + (0*0) + (0.7*0.58)$$

$$= 0.25 + 0 + 0 + 0.41$$

$$= 0.66$$

$$= 0.66 * 100\%$$

$$= \mathbf{66\%}$$

e. Perhitungan Kerusakan *Throttle Position Sensor*

Untuk mengetahui hasil dari kerusakan *Throttle Position Sensor*, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$G01 = 0.6$$

$$G05 = 0$$

$$G11 = 0$$

$$G12 = 0$$

Kemudian mencari nilai semesta dengan menjumlahkan dari hipotesa diatas:

$$\sum_{k=1}^4 = G01 + G05 + G11 + G12$$

$$= 0.6 + 0 + 0 + 0$$

$$= 0.6$$

Selanjutnya mencari nilai $P(H_i)$ adalah sebagai berikut :

$$P(H1) = P(E | H1) / \sum_{k=1}^4 = 0.6/0.6 = 1$$

$$P(H2) = P(E | H2) / \sum_{k=1}^4 = 0/0.6 = 0$$

$$P(H3) = P(E | H3) / \sum_{k=1}^4 = 0/0.6 = 0$$

$$P(H4) = P(E | H4) / \sum_{k=1}^4 = 0/0.6 = 0$$

Setelah nilai $P(H_i)$ diketahui maka langkah selanjutnya adalah :

$$\sum_{k=1}^4 = P(E | H_k) * P(H_k)$$

$$= (0.6*1) + (0*0) + (0*0) + (0*0)$$

$$= 0.6 + 0 + 0 + 0$$

$$= 0.6$$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai $P(H_i | E)$ yaitu sebagai berikut :

$$P(H1 | E) = (0.6*1) / 0.6 = 1$$

$$P(H2 | E) = (0*0) / 0.6 = 0$$

$$P(H3 | E) = (0*0) / 0.6 = 0$$

$$P(H_4 | E) = (0 \cdot 0) / 0.6 = 0$$

Setelah seluruh nilai $P(H_i | E)$ diketahui, maka jumlahkan seluruh nilai dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned}\sum_{k=1}^5 &= \text{Buyes 1} + \text{Buyes 2} + \text{Buyes 3} + \text{Buyes 4} \\ &= (0.6 \cdot 1) + (0 \cdot 0) + (0 \cdot 0) + (0 \cdot 0) \\ &= 0.6 + 0 + 0 + 0 \\ &= 0.6 \\ &= 0.6 \cdot 100\% \\ &= \mathbf{60\%}\end{aligned}$$

3.3 Mengambil Kesimpulan Identifikasi

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode teorema bayes diperoleh hasil perhitungan kerusakan ECU. Dari hasil perhitungan maka di dapat hasil kerusakan *ECU Memory Error* (60%), kerusakan *Fuel Injector Sensor* (68%), kerusakan *Coolant Temperature Sensor* (66%), kerusakan *Crankshaft Position Sensor* (66%) dan kerusakan *Throttle Position Sensor* (60%)

Max = (kerusakan *ECU Memory Error*; kerusakan *Fuel Injector Sensor*; kerusakan *Coolant Temperature Sensor*; kerusakan *Crankshaft Position Sensor*; kerusakan *Throttle Position Sensor*)

Max = (60%; 68%; 66%; 66%; 60%)

Max = 68%

Berikut ini adalah hasil identifikasi yang didapat atas kasus tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa motor *matic* Yamaha NMAX Cukup Pasti mengalami kerusakan *Fuel Injector Sensor* dengan nilai persentase 68%.

3.4 Hasil

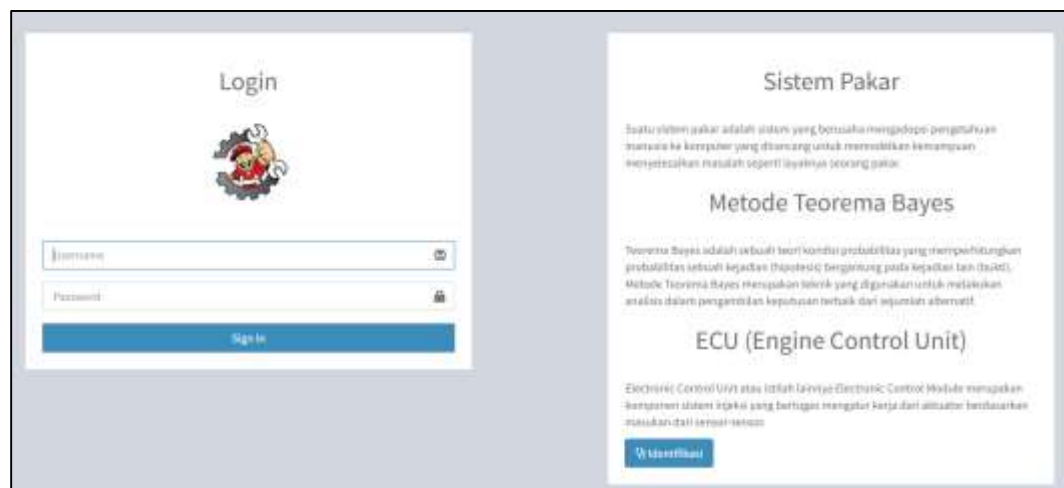
Hasil penelitian dari sistem pakar untuk mengidentifikasi kerusakan *Engine Control Unit* (ECU) motor *matic* Yamaha NMAX yaitu berupa suatu aplikasi berbasis *web programming* yang menerapkan metode *Teorema Bayes* yang mampu memberikan jawaban pasti kerusakan ECU apa yang terjadi pada motor *matic* Yamaha NMAX berdasarkan perhitungan metode *Teorema Bayes*.

3.4.1 Hasil Tampilan Antar Muka

Hasil tampilan antarmuka merupakan kegiatan akhir dari proses perancangan sistem, di mana sistem ini akan dioperasikan secara menyeluruh. Berikut ini adalah hasil dari tampilan antarmuka dari sistem pakar untuk mengidentifikasi kerusakan *Engine Control Unit* (ECU) motor *matic* Yamaha NMAX menggunakan metode *Teorema Bayes*:

1. Menu Login

Menu login berguna untuk mengamankan sistem dari *user-user* yang tidak bertanggung jawab. Berikut tampilan dari menu login adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Tampilan Form Login



Gambar 3. Tampilan *Menu Utama*

2. Menu Data

Menu Data digunakan untuk pengolahan data kendaraan, data gejala dan kerusakan, simpan data, ubah data, dan penghapusan data. Berikut tampilan pada *menu data* sebagai berikut :



Gambar 4. Tampilan *Form Data Kendaraan*



Gambar 5. Tampilan *Form Data Kerusakan*

NO	ID-Gejala	Gejala
1.	G01	Kontak MRL (Malfunction Indicator Lamp) Menyala
2.	G02	1 Radipen Panjang Pada MRL (Malfunction Indicator Lamp)
3.	G03	2 Radipen Panjang Pada MRL (Malfunction Indicator Lamp)
4.	G04	3 Radipen Panjang Pada MRL (Malfunction Indicator Lamp)
5.	G05	1 Radipen Pendek Pada MRL (Malfunction Indicator Lamp)
6.	G06	2 Radipen Pendek Pada MRL (Malfunction Indicator Lamp)
7.	G07	3 Radipen Pendek Pada MRL (Malfunction Indicator Lamp)
8.	G08	Motorsil kode error pada tampilan speedometer
9.	G09	Pemasir berakibat pada mesin
10.	G10	Motor tidak bisa hidup
11.	G11	Boros Bahan Bakar
12.	G12	Mesin Tersebut sendat

Gambar 6. Tampilan *Form* Data Gejala

3. Menu Proses

Menu Proses digunakan untuk proses data pada rule dan identifikasi berupa penginputan data, proses data. Berikut tampilan pada *menu* proses sebagai berikut :

NO	ID Rule	ID Kerusakan	Kerusakan	ID Gejala	Gejala	Nilai Probabilitas	Aksi
1.	R01	X01	ECU Memory Error	G01	Kontak MRL (Malfunction Indicator Lamp) Menyala	0.8	
2.	R02	X01	ECU Memory Error	G04	1 Radipen Panjang Pada MRL (Malfunction Indicator Lamp)	0.7	
3.	R03	X01	ECU Memory Error	G06	Motorsil kode error pada tampilan speedometer	0.6	
4.	R04	X01	ECU Memory Error	G10	Motor tidak bisa hidup	0.7	
5.	R05	X02	Fuel Injector Sensor	G01	Kontak MRL (Malfunction Indicator Lamp) Menyala	0.8	
6.	R06	X02	Fuel Injector Sensor	G03	2 Radipen Panjang Pada MRL (Malfunction Indicator Lamp)	0.7	
7.	R07	X02	Fuel Injector Sensor	G05	1 Radipen Pendek Pada MRL (Malfunction Indicator Lamp)	0.7	
8.	R08	X02	Fuel Injector Sensor	G10	Motor tidak bisa hidup	0.6	
9.	R09	X02	Fuel Injector Sensor	G11	Boros Bahan Bakar	0.7	
10.	R10	X02	Fuel Injector Sensor	G12	Mesin Tersebut sendat	0.6	

Gambar 7. Tampilan *Form* Proses Rule Base

NO	ID Identifikasi	Kendaraan	Kerusakan	Nilai Kepastian	Kepastian	Waktu Identifikasi	Aksi
1	ID001	NMAX	ECU Memory Error	80%	Pasti	2024-04-01 03:26:47	

Gambar 8. Tampilan *Form* Proses Diagnosa

4. Laporan Hasil Identifikasi
Kemudian adapun tampilan hasil laporan dari proses program sebagai berikut :



ADI BEDOEL MOTOR SERVICE
Honda - Yamaha - Suzuki - Kawasaki - Custom - DLL
Jl. Karya Jaya No.138 A, Medan Johor

Laporan Hasil Identifikasi Kerusakan ECU

Nomor Identifikasi	: ID001	Tgl. Identifikasi	: 01 April 2024
Jenis Kendaraan	: NMAX	No. HP	: 082273461811
Nama Pemilik	: Muhammad Taufik		
Merk Kendaraan	: Yamaha		

Hasil Identifikasi	Nilai Kepastian	Kepastian
ECU Memory Error	80%	Pasti

Medan, 01 April 2024
Diketahui

Adi Bedoel

Gambar 9. Hasil Laporan Program

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, bahwa dalam menganalisa masalah kerusakan ECU (*Engine Control Unit*) motor *matic* Yamaha NMAX memerlukan beberapa komponen pendukung seperti data gejala kerusakan, data kerusakan ECU dan basis pengetahuan. Selanjutnya setiap data gejala diberikan nilai bobot. Berdasarkan hasil penelitian, bahwa dalam menerapkan metode *Teorema Bayes* untuk mengidentifikasi kerusakan ECU (*Engine Control Unit*) motor *matic* Yamaha NMAX menunjukkan hasil yang sangat baik, terbukti dengan melakukan perhitungan berdasarkan gejala kerusakan yang terjadi pada kendaraan di dapat hasil kerusakan dengan nilai persentase 80%. Pengujian lain juga dilakukan dengan memasukkan gejala kerusakan yang berbeda dan memberikan hasil yang baik. Jadi dapat disimpulkan metode *Teorema Bayes* dapat diterapkan untuk mengidentifikasi kerusakan ECU motor *matic*. Dalam merancang dan membangun aplikasi sistem pakar yang dapat mengidentifikasi kerusakan ECU motor *matic* dengan metode *Teorema Bayes* yaitu dengan menggunakan pemodelan UML (*Unified Modeling Language*). Adapapun UML yang digunakan diantaranya adalah *use case diagram*, *activity diagram*, dan *class diagram*. Penerapan UML ini sangat membantu dalam merancang dan membangun aplikasi sistem pakar mulai dari awal sampai akhir apa yang akan di kerjakan pada sistem sudah tergambar jelas pada UML. Jadi dalam merancang dan membangun aplikasi sistem pakar tidak lari dari konsep dan melebar kemana-mana. Dari hasil penelitian, sebelum digunakannya aplikasi, maka pengujian metode *Teorema Bayes* dengan cara menghitung manual. Hal ini tentunya memerlukan banyak waktu, karena dalam menghitung data kerusakan harus di hitung persatu kerusakan. Kemudian setelah metode *Teorema Bayes* diterapkan di aplikasi sistem pakar maka hasil untuk mengetahui kerusakan ECU semakin cepat dan akurat. Hasil nilai yang didapatkan juga sesuai dengan perhitunga manual. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa aplikasi sistem pakar dapat mempermudah dan mempercepat dalam mengidentifikasi kerusakan ECU motor *matic*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima Kasih diucapkan kepada orang tua serta keluarga yang selalu memberi motivasi, Doa dan dukungan moral maupun materi, serta pihak-pihak yang telah mendukung dalam proses pembuatan jurnal ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Kiranya jurnal ini bisa memberi manfaat bagi pembaca dan dapat meningkatkan kualitas jurnal selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siti Nurlela and Lilyani Asri Utami, "Analisa Pola Penjualan Produk Sepeda Motor Yamaha Menggunakan Metode Algoritma Apriori," *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. V, no. 3, pp. 1107-1115, Juli 2021.
- [2] Adi Ahdiat. (2023, Oktober) databoks.katadata.co.id. [Online]. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/03/16/ini-pertumbuhan-jumlah-motor-di-indonesia-10-tahun-terakhir>
- [3] Rinal Trisnawan, Ahmad Fitri Boy, and Ita Mariami, "Sistem Pakar Mendeteksi Kerusakan ECU (Electronic Control Unit) pada Motor Injeksi Honda PCX di PT. Supra Jaya Abadi Titi Kuning Medan dengan Metode Certainty Factor," *J-SISKO TECH*, vol. IV, no. 1, pp. 78-87, Januari 2021.
- [4] Muhammad Agus Surya, Darjat Saripurna, and Faisal Taufik, "Detection Analisis System Untuk Mengidentifikasi Kerusakan Mesin Excavator Pada PT. Andalan Menggunakan Metode Teorema Bayes," *Jurnal CyberTech*, vol. IV, no. 4, pp. 1-12, April 2021.
- [5] Saiful Nurarif, Iskandar Zulkarnain, Hendryan Winata, Juniar Hutagalung, and Puji Sari Ramadhan, "Sistem Pakar Dalam Mendiagnosa Penyakit Cholelithiasis Menggunakan Metode Teorema Bayes," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD*, vol. VI, no. 1, pp. 227-234, Januari 2023.
- [6] Aan Saputra and Diana, "SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT PADA HEWAN KAMBING DAN SAPI DENGAN MENGGUNAKAN METODE DEMPSTER-SHAFFER (Studi Kasus Puskesmas Pondok Kelapa)," *JTIS*, vol. I, no. 3, pp. 74-79, Desember 2018.
- [7] Mukhlis Ramadhan, Muhammad Dahria, and Hendra Jaya, "Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Parasit Pada Kucing Menggunakan Metode Certainty Factor," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD*, vol. IV, no. 1, pp. 92-102, Januari 2021.
- [8] Ulla Delfana Rosiani, Twisty Henras Permatasari, and Yoppy Yunhasnawa, "SISTEM PAKAR EMOSI WANITA JAWA MENGGUNAKAN METODE CERTAINTY FACTOR," *Jurnal Informatika Polinema*, vol. IV, no. 3, pp. 206-2011, Mei 2018.
- [9] ISMAIL, "RANCANG BANGUN APLIKASI SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT ANEMIA DENGAN METODE FORWARD CHAINING BERBASIS ANDROID," UIN ALAUDDIN MAKASSAR, MAKASSAR, SKRIPSI 2017.
- [10] Mulfi Hazwi et al., "STUDI ANALISA PERFORMANSI MESIN – SISTEM PEMBAKARAN EFI DAN KARBURATOR PADA MESIN BENSIN," *Jurnal Dinamis*, vol. IV, no. 1, pp. 20-31, Maret 2016.
- [11] Muhammad Aulia Afwan, "PENGARUH PENGGUNAAN ECU STANDAR DAN ECU JUKEN DENGAN VARIASI INJEKTOR TERHADAP TORSI DAN DAYA SEPEDA MOTOR YAMAHA V-IXION," UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG, SEMARANG, Skripsi 2019.
- [12] Toto Sugiarto, Dwi Sudarno Putra, Wawan Purwanto, and Wagino, "Analisis Perubahan Output Sensor Terhadap Kerja Aktuator pada Sistem EFI (Electronic Fuel Injection)," *Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, vol. XVII, no. 2, pp. 91-100, 2018.
- [13] Hartatik and I Ketut Putra Yasa2, "SISTEM PAKAR UNTUK MENDETEKSI HAMA TANAMAN JAHE MENGGUNAKAN TEOREMA BAYES," *Jurnal Ilmiah DASI*, vol. XVI, no. 2, pp. 27-31, Juni 2015.
- [14] Sisilia Daeng Bakka Mau, "Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Beasiswa Menggunakan Teorema Bayes dan Dempster-Shafer," *Jurnal Pekommas*, vol. XVII, no. 1, pp. 23-32, April 2014.
- [15] Arief Kelik Nugroho and Retantyo Wardoyo, "Sistem Pakar Menggunakan Teorema Bayes untuk Mendiagnosa Penyakit Kehamilan," *Berkala MIPA*, vol. XXIII, no. 3, pp. 247-254, September 2013.