

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) pertama kali diperkenalkan oleh Kevin Ashton yang mengembangkan konsep RFID yang memungkinkan perangkat saling terhubung melalui internet. IoT dapat dipahami sebagai jaringan dari objek fisik, yang dikenal sebagai "things", yang dilengkapi dengan perangkat lunak, perangkat keras, sensor, dan konektivitas jaringan untuk pertukaran data antar perangkat. Konsep IoT terdiri dari dua bagian utama, yaitu internet dan benda (things). Internet berarti jaringan yang menghubungkan banyak perangkat di seluruh dunia, sedangkan "things" adalah benda-benda pintar yang bisa saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan tersebut (Singh et al., 2021). Pada gambar di bawah berikut berbagai objek ini dilengkapi dengan perangkat lunak, sensor, dan jaringan, untuk saling berkomunikasi dan berbagi data melalui internet.



Gambar 2. 1 Arsitektur IoT

(Sumber: Singh et al., 2021)

Tujuan dari Internet of Things (IoT) adalah untuk memperluas konektivitas internet dan menjadikan semua perangkat menjadi lebih cerdas. Elemen-elemen dasar dalam sistem IoT meliputi sensor, konektivitas, pemrosesan data, dan antarmuka pengguna. Terdapat empat protokol utama yang sering digunakan dalam sistem IoT, yaitu MQTT, CoAP, AMQP, dan DDS. CoAP atau *Constrained Application Protocol* merupakan protokol yang dirancang untuk perangkat dengan sumber daya terbatas, dan bekerja menggunakan protokol UDP agar lebih ringan dibandingkan HTTP. Sementara itu, MQTT (Message Queue Telemetry Transport) adalah protokol pengiriman pesan yang menyediakan metode sederhana untuk menyebarkan informasi telemetri dalam sistem IoT (Singh et al., 2021).

2.2 *Engine Control Unit* (ECU)

Engine Control Unit (ECU) adalah istilah yang merujuk pada komponen elektronik utama dalam sebuah kendaraan. Sesuai dengan namanya, ECU berfungsi sebagai pengendali pusat, mirip dengan CPU dalam komputer, yang mengatur berbagai fungsi perangkat keras kendaraan. Berikut adalah beberapa modul yang terdapat dalam ECU:

a) ECM (*Engine Control Module*)

Modul ini secara khusus bertanggung jawab untuk mengatur kinerja mesin, mencakup proses mulai, penyalan busi, injeksi bahan bakar, hingga sistem pendinginan.

b) TCM (*Transmission Control Module*)

Modul ini hadir pada kendaraan dengan transmisi otomatis dan berfungsi untuk mengatur perpindahan gigi dan torsi transmisi berdasarkan *RPM* mesin serta kondisi mengemudi.

c) PCM (*Powertrain Control Module*)

Modul ini dirancang untuk mengelola kinerja sistem powertrain kendaraan, memastikan bahwa tenaga dari mesin dapat disalurkan ke roda secara efisien. Namun, modul ini tidak terdapat di semua kendaraan.

d) BCM (*Body Control Module*)

Modul ini mengatur fungsi kelistrikan pada bagian bodi kendaraan, seperti lampu, klakson, serta wiper, baik yang otomatis maupun manual, serta sistem hiburan yang ada di dashboard.



Gambar 2. 2 Engine Control Unit (ECU)

(Sumber: Arfian Alamsyah, 2018)

2.3 OBD-II

On-Board Diagnostics (OBD) adalah sistem berbasis komputer yang dirancang untuk mengurangi emisi dengan memantau kinerja sensor-sensor pada kendaraan. Sistem OBD terdiri dari ECU (*Electronic Control Unit*), yang menerima *input* dari berbagai sensor untuk mengendalikan aktuator, untuk mencapai performa yang optimal. ECU memonitor sensor-sensor ini, dan OBD-II berfungsi sebagai perantara antara perangkat keras yang digunakan dengan ECU (Julian et al., 2019).

OBD Scanner pertama kali digunakan pada tahun 1968 dengan versi awal yang dikenal sebagai OBD1, yang fungsinya terbatas pada mengidentifikasi lampu check engine. Pada pertengahan 1990-an, OBD1 berkembang menjadi OBD2, dengan kemampuan yang lebih kompleks. Tidak seperti OBD1 yang hanya dapat mendeteksi lampu Check Engine, OBD2 mampu membaca Diagnostic Trouble Codes (DTC) sesuai dengan protokol yang ditetapkan oleh pabrikan kendaraan (PT Astra International

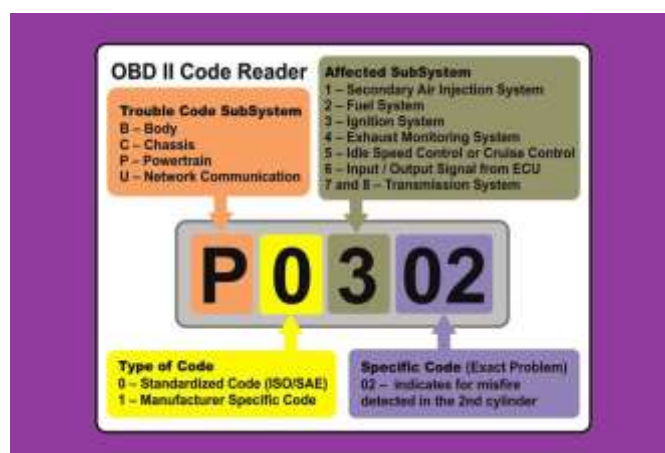
Tbk, 2024).



Gambar 2. 3 OBD-II

(Sumber: communica.co.za)

Secara umum, OBD-II dilengkapi dengan perangkat keras bawaan yang memantau sensor-sensor pada mobil dan menghasilkan kode kesalahan OBD, yang dikenal sebagai DTC (Diagnostic Trouble Codes). DTC memberikan keluaran berupa kombinasi angka dan huruf, yang harus diinterpretasikan oleh pengguna untuk memahami maknanya (Julian et al., 2019).



Gambar 2.4 Diagnostic Trouble Code (DTC)

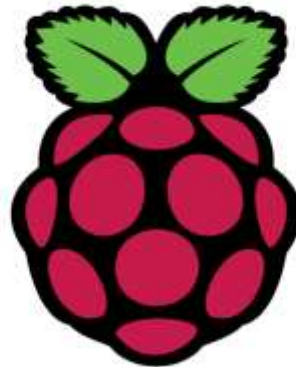
(Sumber: PT Astra International Tbk 2024)

Diagnostic Trouble Code (DTC) adalah kode yang digunakan untuk mengidentifikasi masalah yang terdeteksi oleh OBD2 Scanner. DTC terdiri dari lima karakter, dimulai dengan satu huruf diikuti oleh empat angka, di mana masing-masing karakter memiliki makna tertentu. Antara lain:

1. Huruf pertama menunjukkan bagian masalah yang terjadi (P = powertrain, B = body, C = Chassis, U = network).
2. Satu digit angka baris kedua menunjukkan kode pabrikan mobil.
3. Satu digit angka baris ketiga menunjukkan masalah yang terdeteksi.
Contoh angka 3 masalah pada pembakaran mesin.
4. Dua digit angka baris terakhir masalah yang lebih spesifik.

2.4 Raspberry pi

Raspberry Pi, yang dikenal sebagai komputer papan tunggal, memiliki fungsi seperti komputer desktop, laptop, atau ponsel pintar, namun semuanya terintegrasi pada satu papan sirkuit cetak. Seperti banyak komputer papan tunggal lainnya, Raspberry Pi berukuran kecil—kira-kira seukuran kartu kredit—namun tetap memiliki performa yang cukup kuat (Wibowo et al. 2024).



Gambar 2.5 Icon Raspberry Pi

(Sumber: iconduck.com)

Sistem operasi yang digunakan pada Raspberry Pi adalah Raspbian, yang dikembangkan berdasarkan Debian, salah satu distribusi dari Linux. Prosesor pada Raspberry Pi serupa dengan prosesor yang digunakan pada iPhone 3G, memiliki spesifikasi 32-bit dan kecepatan 700MHz. Berbeda dengan komputer konvensional yang menggunakan hard disk atau solid-state drive untuk penyimpanan data, Raspberry Pi memanfaatkan kartu SD untuk booting dan penyimpanan data jangka panjang. Raspberry Pi dilengkapi dengan komponen yang mirip dengan PC pada umumnya, seperti CPU, GPU, RAM, port USB, audio jack, HDMI, Ethernet, dan GPIO. Untuk penyimpanan data dan sistem operasi, Raspberry Pi menggunakan kartu Micro SD dengan kapasitas minimal 4GB, bukan hard disk drive (HDD). Sumber daya untuk Raspberry Pi berasal dari micro USB dengan rekomendasi tegangan 5V dan arus maksimal 700 mA (Rauf Fariz Zulkarnain S. Hi 2020).

Dalam penelitian ini, model Raspberry Pi yang digunakan adalah

Raspberry Pi 3 Model B. Raspberry Pi 3 Model B merupakan revisi terbaru dari generasi ketiga dan penerus Raspberry Pi 3. Perbedaan utama terletak pada prosesor baru yang digunakan, yaitu Broadcom BCM2837, sebuah ARM Cortex-A53 64-bit Quad-Core System-on-Chip yang beroperasi pada kecepatan 1.4GHz. Untuk konektivitas jaringan, Raspberry Pi ini mendukung dual-band 2.4GHz dan 5GHz untuk koneksi LAN nirkabel, serta dilengkapi dengan Bluetooth 4.2/BLE (Bluetooth Low Energy) (Rauf Fariz Zulkarnain S. Hi, 2020).

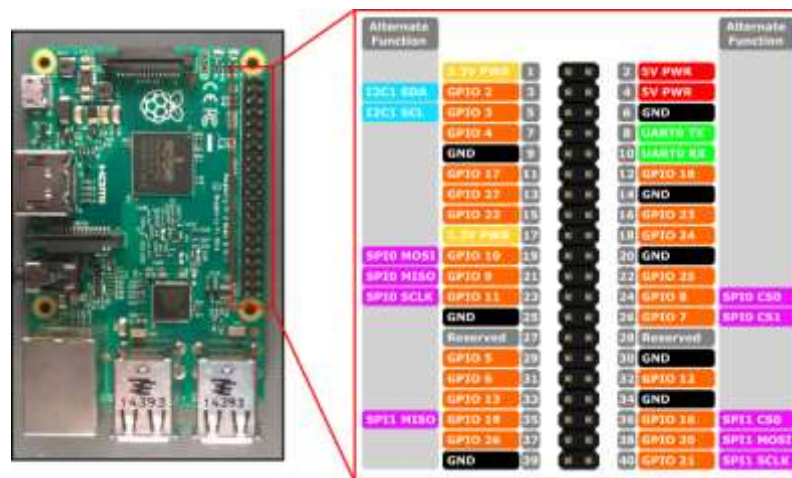


Gambar 2.6 Raspberry pi 3 B

(Sumber: id.geekbuying.com)

Raspberry Pi 3B dilengkapi dengan empat port USB yang menyediakan konektivitas yang memadai untuk perangkat seperti mouse, keyboard, atau aksesori lainnya. Model ini juga memiliki 40-pin GPIO (General-Purpose *Input/Output*), yang memberikan akses ke 24-pin GPIO, 1-pin UART, 1-bus I2C, 2-bus SPI, 8-pin Ground, serta 2-pin untuk sumber daya 3.3V dan 2-pin untuk sumber daya 5V (Microsoft, 2024). Pin GPIO

pada Raspberry Pi 3B dapat dilihat pada Gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.7 GPIO Raspberry pi 3 Model B

(Sumber: learn.microsoft.com)

2.5 Sensor IMU MPU6050

Inertial Measurement Unit (IMU) adalah perangkat yang menggunakan sensor seperti *gyroscope* dan akselerometer untuk mengukur posisi relatif, kecepatan, dan percepatan dari pergerakan. IMU merupakan bagian dari sistem navigasi yang dikenal sebagai *Inertial Navigation System* (INS). Pertama kali diperkenalkan oleh C.S. Draper pada tahun 1949, IMU telah menjadi komponen penting dalam sistem navigasi di pesawat dan kapal. MPU6050 adalah modul IMU yang menggunakan chip MPU6050 dari InvenSense, yang terdiri dari akselerometer 3 sumbu dan *gyroscope* 3 sumbu, atau dikenal sebagai IMU dengan 6 degrees of freedom (DOF) (ARDIANSYAH 2020).



Gambar 2.8 Modul Sensor MPU6050

(Sumber: hackster.io)

MPU 6050 adalah chip IC dari InvenSense yang mengintegrasikan sensor akselerometer dan *gyroscope*. Akselerometer berfungsi untuk mengukur percepatan, baik itu percepatan gerak maupun percepatan akibat gravitasi. Akselerometer sering dimanfaatkan untuk menghitung sudut kemiringan, namun hanya memberikan hasil yang akurat saat kondisi statis atau tidak bergerak. Untuk mendapatkan sudut kemiringan yang lebih akurat, akselerometer sering digabungkan dengan satu atau lebih *gyroscope*, dan data gabungan ini digunakan untuk menghitung sudut. *Gyroscope* sendiri adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, berdasarkan prinsip momentum sudut (Firman 2016). Berikut merupakan spesifikasi dari sensor MPU6050 ditampilkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Spesifikasi MPU6050

Spesifikasi	Operasi
-------------	---------

Chip	MPU 6050
Vin	3V – 5V
Communication	12C
Gyroscopes ranges	+/- 250 500 250 500 1000 2000 degree/sec
Acceleration ranges	+/- 2g +/-4g +/-8g +/-16g
Pin spacing	2,54 mm (0,1in)

Sensor akselerometer dalam MPU6050 mengukur percepatan dalam tiga sumbu (X, Y, dan Z), lalu mengubahnya menjadi data digital melalui proses konversi analog ke digital menggunakan ADC (*Analog-to-Digital Converter*) 16-bit. Nilai digital yang dihasilkan disebut sebagai *raw value*, yang berkisar dari -32768 hingga +32767.

Data digital yang dihasilkan merupakan nilai mentah (*raw value*), yang berada dalam rentang bilangan two's complement dari -32.768 hingga +32.767. Namun, data ini belum merepresentasikan nilai percepatan dalam satuan fisis G (gravitasi bumi, 1 G = 9,81 m/s²). Oleh karena itu, diperlukan proses konversi berdasarkan skala sensitivitas (scale factor) yang bergantung pada konfigurasi rentang pengukuran (AFS_SEL) sensor (TDK InvenSense, 2013). Rentang pembacaan sensor di sajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Skala Sensitivitas Akselerometer MPU6050

AFS_SEL	Full Scale Range	LSB Sensitivity
0	±2g	16.384 LSB/g
1	±4g	8.192 LSB/g
2	±8g	4.096 LSB/g

3	$\pm 16g$	2.048 LSB/g
---	-----------	-------------

Berdasarkan nilai sensitivitas *Least Significant Bit per gravity* (LSB/g) pada Tabel 2.2, maka nilai percepatan aktual yang diukur oleh sensor dalam satuan G dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{\text{Raw Value}}{\text{LSB Sensitivity}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

A = Percepatan (G).

Raw value = Nilai pembacaan digital dari sensor.

LSB Sensitivity = Nilai sensitivitas berdasarkan pengaturan AFS_SEL.

2.6 Sensor GPS Neoblock 6M

GPS (*Global Positioning System*) adalah perangkat atau sistem untuk mendeteksi lokasi pengguna di permukaan bumi secara global menggunakan teknologi berbasis satelit. Data dari satelit dikirimkan dalam bentuk sinyal radio yang berupa data digital. GPS dapat membantu menunjukkan arah selama dapat melihat langit. Dengan kata lain GPS adalah sistem navigasi berbasis satelit yang terhubung dan berada dalam orbitnya (Wibisono Darmawan, U A Sompie, and Kambey 2020).

Penerima GPS menggunakan sinyal satelit untuk menentukan posisi dengan melakukan triangulasi. Hal ini dilakukan dengan mengukur waktu tempuh sinyal dari satelit ke penerima, kemudian mengalikannya dengan kecepatan cahaya (3×10^8 meter per detik) untuk menghitung jarak antara

penerima GPS dan setiap satelit. Dengan memanfaatkan minimal tiga sinyal dari satelit yang berbeda, penerima GPS dapat menentukan posisi tetap, yaitu lintang (*latitude*) dan bujur (*longitude*). Penggunaan sinyal satelit keempat memungkinkan penerima GPS menghitung ketinggian posisi tersebut di atas permukaan laut, yang ideal untuk navigasi (Azzahra Mardiyah 2016).

Dalam penelitian ini, modul GPS yang digunakan adalah GPS uBlox Neo 6M. Modul GPS ini dapat diandalkan karena menawarkan tingkat keakuratan yang baik serta beberapa fitur menguntungkan, seperti baterai cadangan data, kompas elektronik bawaan, dan antena keramik internal yang mampu menangkap sinyal dengan kuat (Wibisono Darmawan et al. 2020).



Gambar 2.9 GPS Neoblock 6M

(Sumber: dhakarobotics.com)

2.7 Keamanan Berkendara dan Perilaku Pengemudi

Jumlah kecelakaan lalu lintas di Indonesia mencapai 139.258 kasus.

Dari kecelakaan tersebut, korban meninggal dunia tercatat sebanyak 28.131 jiwa, yang menunjukkan betapa tingginya angka kematian akibat kecelakaan di jalan raya. Selain itu, sebanyak 13.364 orang mengalami luka berat, sementara korban yang mengalami luka ringan jauh lebih banyak, yaitu 160.449 orang. Total kerugian materi akibat kecelakaan lalu lintas selama tahun 2022 diperkirakan mencapai 280.009 juta rupiah (Badan Pusat Statistik 2022).

Kecelakaan lalu lintas merupakan masalah kesehatan yang sangat serius di dunia yang menyebabkan kematian dan berada pada peringkat 9 dunia. Indonesia menempati peringkat ke 5 di dunia sebagai negara dengan tingkat kecelakaan lalu lintas tertinggi (Karya & Sipil, 2015). Kecelakaan ini berdampak dari perilaku pengemudi memiliki peran penting dalam penyebab kecelakaan lalu lintas, yang berarti bagaimana seorang pengemudi mengoperasikan kendaraannya sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Kecepatan kendaraan dibatasi sesuai dengan karakteristik jalan dengan beberapa aturan seperti jalan bebas hambatan dengan kecepatan paling rendah 60 kilometer per jam, jalan antar kota paling tinggi 80 kilometer per jam, jalan kawasan perkotaan paling tinggi 50 kilometer per jam dan jalan kawasan permukiman dengan batasan kecepatan paling tinggi 30 kilometer per jam (Pemerintah Republik Indonesia, 2013). Pengemudi yang mengikuti aturan ini berkontribusi pada keselamatan berkendara dan membantu mengurangi resiko terjadinya kecelakaan.

2.7.1 Gaya Berkendara

Parameter yang mempengaruhi gaya berkendara dipengaruhi berdasarkan hubungan antara daya traksi, efisiensi kendaraan, dan pola berkendara. Daya traksi merupakan kemampuan ban kendaraan untuk mencengkeram permukaan jalan, yang sangat penting untuk memastikan kendaraan dapat berakselerasi, berbelok, dan berhenti dengan aman. Efisiensi kendaraan merujuk pada sejauh mana kendaraan dapat mengubah bahan bakar menjadi energi gerak. Pola berkendara mencakup cara dan gaya pengemudi dalam mengendalikan kendaraan, termasuk kebiasaan akselerasi dan kecepatan. Pengemudi dengan gaya berkendara yang agresif cenderung melakukan akselerasi yang lebih tinggi dan mengemudikan kendaraan pada kecepatan tinggi, yang berdampak pada konsumsi bahan bakar serta emisi gas rumah kaca (Berry, 2010).

2.7.2 Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas

Secara umum kecelakaan lalu lintas yang terjadi disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kelalaian manusia, kondisi geometrik jalan, kelaikan kendaraan, dan kondisi lingkungan sekitar. Berdasarkan data Korlantas Polri 2011-2013, faktor-faktor penyebab kecelakaan lalu lintas terutama akibat tidak tertib sebanyak 27.035 kasus, akibat lengah 21.073 kasus, dan melebihi batas kecepatan 9.278 kasus. Data tersebut menunjukkan bahwa faktor manusia sangat signifikan dalam menyumbang kecelakaan lalu lintas dan kecepatan merupakan bagian dari faktor manusia tersebut. Kecepatan berpengaruh dalam kecelakaan lalu lintas, terutama saat

berada di tikungan. Jumlah kecelakaan di tikungan jalan 1,5 hingga 4 kali lebih banyak dari pada di bagian lurus jalan. Kematian dan kerusakan akibat kecelakaan lalu lintas yang terjadi di tikungan berkisar 25% hingga 30% (Karya and Sipil, 2015).

2.8 Sistem Monitoring Kendaraan

Kegiatan monitoring dapat diartikan sebagai proses sistematis dalam mencatat dan mengumpulkan informasi terkait tugas-tugas proyek secara berkala. Proses ini berfungsi untuk mengawasi dan mengevaluasi perkembangan suatu pekerjaan atau transaksi yang sedang berlangsung (Wibisono Darmawan et al., 2020a). Dalam pemantauan kendaraan, monitoring berperan dalam mengamati kinerja dan kondisi mobil, sehingga dapat memastikan bahwa semua sistem berfungsi dengan baik dan mendeteksi masalah sedini mungkin. Pada penelitian ini terdapat beberapa parameter yang dimonitoring yaitu kecepatan kendaraan, RPM mesin, beban mesin dan Kemiringan kendaraan.

Untuk mengetahui apakah sistem monitoring yang diterapkan bekerja dengan baik atau tidak, dilakukan pengujian statistik deskriptif terhadap data yang dikumpulkan. Pengujian statistik ini meliputi analisis deskriptif, yaitu menghitung nilai rata-rata (mean), standar deviasi, nilai minimum, dan maksimum dari parameter kecelakaan.

Nilai mean (rata-rata) dari data dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.2)$$

$\bar{x}$ = Nilai rata – rata (*mean*)

n = Jumlah data

x_i = nilai data ke – i

Setelah mencari mean, langkah berikutnya adalah mencari standar deviasi yang menunjukkan sebaran atau variasi data terhadap rata-rata.

Standar deviasi dihitung dengan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.3)$$

Keterangan:

σ = Standar deviasi

n = Jumlah data

x_i = nilai data ke – i

$\bar{x}$ = mean dari data

2.8.1 Kecepatan

Kecepatan dapat diartikan sebagai perbandingan antara jarak yang ditempuh kendaraan dalam suatu periode waktu (Saputra & Savitri, 2021). Pada lalu lintas, kecepatan dari suatu kendaraan dipengaruhi oleh faktor-faktor manusia, kendaraan dan prasarana, serta dipengaruhi pula oleh arus lalu lintas, kondisi cuaca dan lingkungan alam sekitarnya (Wibisono Darmawan, U A Sompie, and Kambey 2020). Dengan didapatnya waktu perjalanan dan jarak, maka kecepatan perjalanan dan kecepatan bergerak akan didapat. Sehingga, dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$V = s/t \quad (2.4)$$

Dimana:

$V = \text{Kecepatan (Km/jam, m/det)}$.

$s = \text{Jarak yang ditempuh (km, m)}$.

$t = \text{Waktu tempuh kendaraan (jam, det)}$.

Berdasarkan aturan Pemerintah Republik Indonesia, kecepatan kendaraan harus disesuaikan dengan karakteristik jalan dan kondisi lalu lintas. Batasan kecepatan berdasarkan jenis jalan ditampilkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Aturan Kecepatan

Jenis Jalan	Kecepatan Minimal	Kecepatan Maksimal
Jalan Bebas Hambatan	60 km/h	100 km/h
Jalan Antar Kota	-	80 km/h
Jalan Kawasan Perkotaan	-	50 km/h
Jalan Kawasan Permukiman	-	30 km/h

2.8.2 Putaran Mesin

Putaran mesin atau dikenal RPM (Rotation per Minute), adalah satuan yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi mesin. Putaran mesin menunjukkan berapa kali poros engkol (crankshaft) berputar dalam

satu menit (Astra 2023).

Pada kendaraan roda empat, batasan putaran mesin merupakan panduan penting untuk menjaga efisiensi dan kinerja mesin. Shift atau perpindahan gigi yang tepat dapat mengoptimalkan konsumsi bahan bakar dan mengurangi keausan mesin (Yay and Madrid 2012). Pada Tabel 2.4 Merupakan aturan perpindahan gigi berdasarkan RPM mesin.

Tabel 2. 4 Aturan perpindahan gigi

Jenis Mesin	<i>RPM</i>
Mesin Bensin	2500 r/min
Mesin Diesel	2000 r/min

Rentang putaran mesin normal untuk kondisi berkendara sehari hari berkisar antara 2000 hingga 3000 RPM (SUZUKI INDONESIA, 2023). Pada mobil matic memiliki kisaran putaran mesin ideal sekitar 2500 hingga 3000 RPM (ASTRA DAIHATSU 2023). Putara mesin ini perlu diperhatikan, karena jika mesin sering bekerja di atas 4000 RPM akan mempercepat keausan pada komponen mesin seperti *waterpump*, *bearing*, ring piston dan komponen lainnya (Hyundai Mobil Indonesia, 2024).

2.8.3 *Calculated Engine Load*

Beban mesin yang dihitung (*Calculated Engine Load*) merupakan salah satu parameter dalam sistem manajemen mesin oleh *Engine Control Unit* (ECU). Parameter ini menunjukkan seberapa besar keluaran aktual mesin dibandingkan dengan keluaran maksimum potensialnya pada putaran mesin (RPM) yang sama. Nilai beban mesin ini digunakan untuk menilai

seberapa berat tekanan kerja mesin dalam kondisi operasi tertentu (Chariton Christoforidis et al., 2025).

2.8.4 Kemiringan Kendaraan

2.8.4.1 Kemiringan Tanjakan

Kemiringan mengacu pada sudut elevasi jalan terhadap bidang horizontal. Yang menggambarkan tingkat kecuraman atau kelandaiannya. Konsep kemiringan melibatkan perbandingan antara perbedaan ketinggian jalan dan panjangnya. Perbedaan ketinggian dan Panjang jalan diukur dalam satuan metrik seperti meter. Hasil perhitungan ini dinyatakan dalam persentase atau derajat, tergantung pada standar atau preferensi satuan yang digunakan (kontraktor jalan 2024).

Rumus kemiringan jalan:

$$\text{Kemiringan}(\%) = \frac{h}{d} \times 100\% \quad (2.5)$$

Keterangan:

h = Perbedaan tinggi

d = Jarak horizontal

Dalam derajat diberikan persamaan berikut:

$$\theta = \arctan\left(\frac{h}{d}\right) \quad (2.6)$$

Keterangan:

θ = Sudut Kemiringan

h = ketinggian

d = Jarak horizontal

Pada kendaraan, standar sudut kemiringan mengacu berdasarkan informasi dari produsen isuzu, berikut adalah tabel yang menunjukkan spesifikasi daya tanjak dari beberapa varian Isuzu Elf di tampilkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Maksimal derajat kemiringan

Type Kendaraan	<i>Maximum Gradeability (%)</i>	Kemiringan
Isuzu Elf NMR	39%	21,3°
Isuzu Elf NMR HD 5.8	44%	-
Isuzu Elf NMR HD 6.5	50%	26,6°

Acuan dasar standar perhitungan kemiringan maksimal adalah sebesar 45° untuk kendaraan menanjak (Isuzu, 2023).

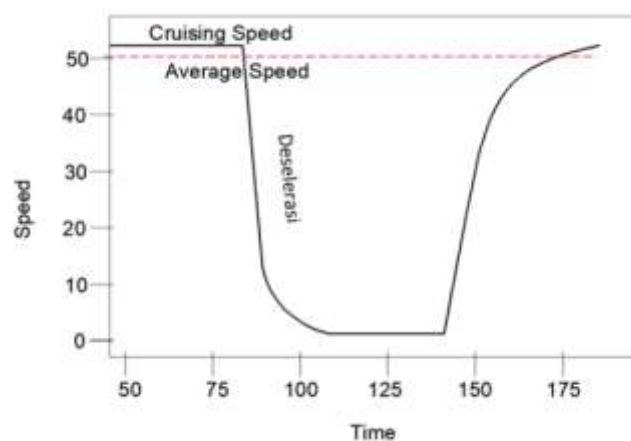
2.8.4.2 Kemiringan Melintang

Berdasarkan Penggunaan kemiringan melintang normal pada jalan, atau dikenal sebagai kemiringan melintang yang berlawanan (adverse) telah ditetapkan oleh (PUPR, 2021). Kemiringan normal biasanya sebesar +2% dan -2%. Pada kemiringan berlawanan dengan arah tikungan biasanya dihindari, kecuali pada tikungan dengan radius besar yang dianggap sebagai jalan lurus. Kemiringan melintang adverse tidak melebihi 3%, kecuali untuk tikungan di dalam perkotaan dengan kecepatan dibawah 40 kilometer per jam atau di area tertentu seperti persimpangan atau bundaran. Penggunaan kemiringan berlawanan ini terbatas pada jalan antar kota dan jalan besar dengan genangan air yang minim. Kemiringan melintang normal dihindari dalam kondisi-kondisi berikut:

1. Pada pendekat persimpangan atau daerah pengereman lainnya.
2. Daerah yang rawan aquaplaning.
3. Jalan berkecepatan tinggi dengan kelandaian menurun melebihi 4%.

2.8.5 Akselerasi

Akselerasi pada kendaraan adalah kemampuan kendaraan untuk mengubah kecepatan dalam satuan waktu. Kecepatan akselerasi sangat dipengaruhi oleh waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan tertentu. Akselerasi terbagi menjadi dua jenis, yaitu akselerasi positif yang biasa disebut percepatan (perubahan kecepatan naik), dan akselerasi negatif yang dikenal sebagai perlambatan atau deselerasi (Pasila et al., 2019).



Gambar 2.10 Ilustrasi Profil Sintesis Akselerasi

(Sumber: (Pasila et al. 2019))

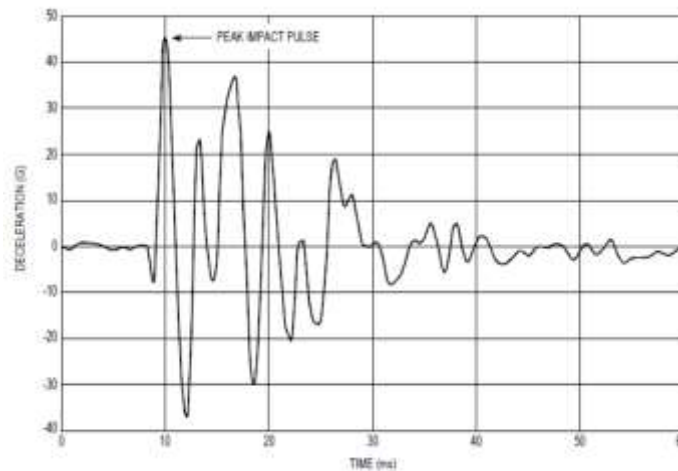
Dalam klasifikasi tingkat kecelakaan, Weiner (2010), dikutip dalam (Faizal Alfath et al., 2017), sistem peringatan kecelakaan menggunakan data

akselerometer untuk menentukan kecelakaan berdasarkan percepatan “G” dengan klasifikasi pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Klasifikasi tingkat kecelakaan

Tingkat Kecelakaan	Rentang Percepatan (g)
Kecelakaan Ringan	$g < 4$
Kecelakaan Sedang	$4 \leq g < 8$
Kecelakaan Berat	$8 \leq g \leq 16$
Kecelakaan Parah	$g > 16$

Grafik nilai puncak percepatan pada sensor akselerometer dapat menunjukkan terjadinya tabrakan atau benturan terhadap objek keras. Tabrakan tersebut menyebabkan percepatan atau perlambatan mendadak dalam waktu singkat dengan nilai yang sangat tinggi. Oleh karena itu, sensor akselerometer dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi tabrakan kendaraan melalui analisis lonjakan percepatan mendadak akibat benturan (Sudaryatmo Dicky, 2016). Berikut merupakan gambar respon akselerometer pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Respon akselerometer saat terjadi tabrakan

Gravitasi atau disingkat G adalah gaya tarik-menarik antara semua benda yang memiliki massa. Di Bumi, gaya ini menarik segala sesuatu, baik yang hidup maupun mati, ke arah pusat Bumi. Secara matematis, hukum newton ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (2. 7)$$

Keterangan:

F = Gaya Gravitasi

G = Konstanta gravitasi universal ($6,72 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$)

m_1 = massa benda pertama

m_2 = massa benda kedua

r = Jarak pusat massa kedua benda

2.9 Penelitian Terkait dan Keterbaruan Penelitian

Penelitian mengenai implementasi sistem monitoring kendaraan bermotor telah banyak dilakukan sebelumnya. Beberapa Penelitian yang terkait dengan penulis terdapat pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Penelitian terkait

NO	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
1.	ECU <i>LOGGER</i> : PERANCANGAN SISTEM PENYIMPANAN DAN MONITORING DATA ELEKTRONIK MOBIL	Doni Yosef Daniel, Rizki Ardianto Priramadhi, Denny Darlis	Penelitian ini dilakukan di Jurusan D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Industri Terapan Universitas Telkom pada tahun 2019.	Penelitian ini membahas perancangan ECU <i>Logger</i> untuk memantau kinerja sistem elektronik mobil secara <i>real-time</i> . Sistem ini menggunakan sensor untuk mendeteksi kerusakan pada mesin dan menyimpan data di Kartu SD. Dengan mikrokontroler ATmega328, sistem ini memantau parameter seperti kecepatan kendaraan, posisi throttle, dan suhu mesin. Tujuan utamanya adalah meningkatkan keamanan kendaraan dengan

				mencegah kegagalan sistem elektronik.
2	MONITORING KINERJA MESIN PADA MOBIL BERBASIS WEB	Kevin Julian, Diana Lestariningsih, Yuliati, Peter Rhatodirdjo, Widya Andyardja, Hartono Pranjoto	Laboratorium Instrumentasi dan Laboratorium Sistem Mikro di Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya pada tahun 2019.	Penelitian ini membahas penggunaan OBD-II untuk pemantauan performa mesin melalui data ECU (<i>engine control unit</i>). Sistem mendeteksi beberapa parameter untuk dikirim ke database untuk mempermudah pemilik dalam <i>monitoring</i> mobil. Sistem ini berfungsi dan dapat mengirimkan data kendaraan dengan pengambilan data setiap 2 detik dan pengiriman data ke <i>website</i> terjadi setiap 30 detik.
3	Rancang Bangun Alat Pendeteksi	Adnan Mahfuzhon	Penelitian ini dilakukan di	Penelitian ini membahas tentang

	Kecelakaan Mobil Menggunakan Sensor Akselerometer dan Sensor 801s Vibration	, Tibyani, Gembong Edhi Setyawan	Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya pada tahun 2018.	peningkatan bisnis sewa mobil yang meningkat hingga 70%. Penelitian dilakukan untuk menjaga kenyamanan antara penyedia jasa dan pelanggan, yang merupakan hal penting untuk menyediakan sistem notifikasi kecelakaan. Penelitian ini menggunakan metode <i>Naïve Bayes</i> untuk menganalisis data dari sensor akselerometer. Pengujian menghasilkan persentase kesesuaian 90% untuk kondisi berjalan, 78% untuk berhenti mendadak, dan 98% untuk kecelakaan.
4	OBD-II sensor for diagnostics	Dimitrios Rimpas,	Penelitian ini dilakukan di	Penelitian ini menggunakan

	monitoring vehicle operation and consumption	Andreas Papadakis, Maria Samarakou	Jurusan Informatika Universitas West Attica Yunani pada tahun 2020.	OBD-II untuk memantau dan menganalisis operasi kendaraan, khususnya terkait konsumsi bahan bakar. Data dikumpulkan secara langsung. Penelitian dilakukan dengan perjalanan sejauh 5 km dengan variasi kondisi lalu lintas, serta pengujian di berbagai jenis jalan. Parameter yang dipantau termasuk suhu pendingin, laju aliran udara, dan kecepatan rotasi mesin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perilaku mengemudi berperan penting dalam konsumsi bahan bakar, di mana data yang diambil dari sensor
--	--	------------------------------------	---	---

				OBD-II diolah dan dibandingkan dengan standar pabrikan. Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh gaya mengemudi.
5	The Development of Car Tracking System for Car Sharing Business by Using OBD-II Port	Sorawit Sakarin, Gridsada Phanomchoeng	Penelitian ini dilakukan di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Chulalongkorn, Thailand pada tahun 2021.	Penelitian ini membahas sistem pelacakan kendaraan untuk bisnis penyewaan mobil yang menggunakan teknologi <i>Internet of Things</i> (IoT). Sistem pelacakan yang dikembangkan, bernama CoBox, dengan memanfaatkan OBD-II untuk mengumpulkan data dari mobil dan mengirimkannya secara <i>real-time</i> ke server berbasis

				<i>cloud</i> menggunakan ESP32. Dengan sistem ini, pengguna dapat memantau lokasi kendaraan melalui modul <i>GPS</i> , mengelola suplai daya, dan mengontrol kunci pintu mobil secara langsung.
6	Diagnostics vehicle's condition using OBD-II and raspberry pi technology: study literature	JV Moniaga, SR Manalu, DA Hadipurnawan and F Sahidi	Penelitian dilakukan di Jurusan Ilmu komputer Universitas Bina Nusantara pada tahun 2017.	Penelitian ini membahas tentang permasalahan penyebab terjadinya kecelakaan pada faktor internal. Peneliti menerapkan OBD-II untuk memonitor kondisi kendaraan dan untuk mendiagnosis kendaraan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat dianalisis dan diproses menggunakan

				Raspberry Pi, dan diagnostik dapat dikirim ke smartphone pengguna.
--	--	--	--	--