



SISTEM PEMANTAUAN TEMPERATUR MESIN BERBASIS ARDUINO PADA MOTOR MATIC 150cc UNTUK PERAWATAN OPTIMAL

Feddy Wanditya Setiawan^{a*}, Ikhsan Wahyudi^a

^aProgram Studi Teknik Otomotif, Politeknik Hasnur, Ray V, Jl. Brigjen H. Hasan Basri, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan 70582, Indonesia

*Corresponding authors at: E-mail : feddyws11@gmail.com (FW. Setiawan) Tel.: +62822-5488-6678

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 16 Desember 2024

Direvisi pada 17 Februari 2025

Disetujui pada 25 Februari 2025

Tersedia daring pada 01 Maret 2025

Kata kunci:

Pemantauan temperatur, arduino, sensor LM35, IoT, overheating.

Keywords:

Temperature monitoring, arduino, LM35, sensor, IoT, overheating.

ABSTRAK

Sistem pemantauan temperatur berbasis Arduino pada sepeda motor matic 150cc merupakan solusi inovatif yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi perawatan mesin kendaraan melalui integrasi teknologi sensor dan IoT. Sistem ini menggunakan sensor temperatur LM35 dan MLX90614 untuk pengukuran temperatur akurat dengan metode kontak langsung maupun non-kontak, memiliki toleransi kesalahan masing-masing sebesar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Arduino Uno bertindak sebagai pusat kendali utama yang mengolah data temperatur secara cepat dan akurat, sementara modul ESP32 memungkinkan pengiriman data secara nirkabel melalui konektivitas Wi-Fi, sehingga pengguna dapat memantau temperatur mesin secara *real-time*. Sistem ini juga dilengkapi fitur notifikasi otomatis yang mengingatkan pengguna jika temperatur mesin melebihi ambang batas aman. Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini stabil dalam rentang temperatur 30°C hingga 85°C , dengan ketahanan tinggi terhadap getaran mesin berkat casing pelindung berstandar IP65. Konsumsi daya yang rendah, rata-rata 175–210 mAh, memastikan sistem ini tidak membebani aki motor, menjadikannya ideal untuk penggunaan harian. Waktu respons yang cepat, hanya 0,1 detik untuk sensor inframerah, serta latensi pengiriman data ke perangkat pengguna yang rendah, yaitu 50–200 milidetik, meningkatkan keandalan sistem dalam mencegah *overheating*. Desain kompak dan integrasi IoT memudahkan pemantauan dari jarak jauh, menjadikan sistem ini efisien, mudah diimplementasikan, dan relevan untuk pengendara sehari-hari maupun aplikasi industri otomotif. Dengan manfaat tersebut, sistem ini mampu menjaga performa mesin, memperpanjang umur kendaraan, dan mengurangi risiko kerusakan, menawarkan solusi untuk perawatan kendaraan modern.

ABSTRACT

An inventive way to improve engine maintenance efficiency by combining sensor technologies and the Internet of Things is the Arduino-based temperature monitoring system for 150cc automated motorcycles. With error margins of $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$, respectively, this system uses LM35 and MLX90614 temperature sensors to detect temperature accurately both in touch and non-contact modes. The ESP32 module permits wireless data transmission via Wi-Fi connectivity, allowing users to monitor engine temperatures in real-time, while the Arduino Uno functions as the primary control unit, processing temperature data quickly and precisely. Additionally, the system has an automated alerting mechanism that notifies users when the engine temperature rises above the specified safety level. The system's stability throughout a temperature range of 30°C to 85°C is demonstrated by testing, and its IP65-rated protective case provides excellent resistance to engine vibrations. Because of its low power consumption (175–210 mAh on average), the system reduces the strain on the motorcycle battery, making it perfect for everyday usage. The system's dependability in avoiding overheating is increased by the infrared sensor's quick response time of only 0.1 seconds and the low data transmission latency of 50–200 milliseconds. The technology is effective, simple to set up, and appropriate for both regular riders and commercial automobile applications because to its small size and Internet of Things connection, which enable remote monitoring. This method provides a clever answer for contemporary car maintenance by efficiently maintaining engine performance, increasing vehicle longevity, and lowering the chance of damage.

1. PENGANTAR

Teknologi pemantauan temperatur mesin berbasis Arduino telah menjadi inovasi penting dalam menjaga performa dan keandalan kendaraan bermotor, khususnya pada sepeda motor matic 150cc. Dengan meningkatnya kompleksitas mesin modern, kebutuhan akan sistem pemantauan yang efisien, *real-time*, dan terjangkau menjadi prioritas. Perangkat berbasis Arduino memberikan solusi ideal melalui integrasi berbagai sensor temperatur, IoT (*Internet of Things*), dan aplikasi seluler. Teknologi ini tidak hanya memungkinkan pengendara memantau temperatur mesin secara *real-time* tetapi juga memberikan data historis yang berguna untuk mengidentifikasi potensi masalah sebelum kerusakan terjadi. Hal ini relevan dalam konteks perawatan kendaraan, di mana pendekatan preventif lebih hemat biaya dan efektif dibandingkan dengan perbaikan pasca kerusakan.

Dalam implementasinya, sistem ini menggunakan sensor temperatur seperti LM35 atau DS18B20, yang terhubung dengan platform Arduino untuk mengukur temperatur mesin secara akurat. Data ini diteruskan melalui modul komunikasi seperti Wi-Fi (misalnya, ESP8266) atau *Bluetooth* ke aplikasi seluler. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi mesin kapan saja dan memberikan notifikasi jika temperatur melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Dengan demikian, pengguna dapat segera mengambil tindakan pencegahan seperti mematikan mesin untuk mencegah kerusakan yang lebih serius (Preety P, Sridhar N, 2022). Selain manfaat teknis, pengaplikasian teknologi ini juga mendukung agenda keberlanjutan dengan mengurangi pemborosan bahan bakar dan emisi karbon. Pengelolaan temperatur yang optimal membantu meningkatkan efisiensi mesin, memperpanjang umur kendaraan, dan mengurangi biaya operasional. Tren ini sejalan dengan perkembangan industri otomotif global yang semakin terfokus pada efisiensi dan keberlanjutan, sebagaimana diungkapkan dalam studi-studi terkini tentang pemanfaatan IoT dalam sektor otomotif (Preety P, Sridhar N, 2022; Akshay A. Jadhav, dkk, 2021).

Lebih jauh lagi, adopsi teknologi berbasis IoT di bidang otomotif menandai transisi ke era "mobil pintar." Sistem ini mendukung otomatisasi dan integrasi data yang lebih luas dalam ekosistem kendaraan. Misalnya, pengembangan *digital twin* memungkinkan pemantauan parameter mesin secara *real-time* untuk memastikan kinerja optimal kendaraan dalam berbagai kondisi operasi. Hal ini memperlihatkan potensi besar teknologi ini untuk diintegrasikan ke dalam strategi perawatan kendaraan berbasis data yang lebih canggih di masa depan (Akshay A. Jadhav, dkk, 2021). Namun, tantangan dalam implementasi meliputi kebutuhan akan keterampilan teknis untuk instalasi dan konfigurasi perangkat serta kompatibilitas perangkat keras dengan berbagai model kendaraan. Solusi potensial termasuk penyediaan panduan instalasi yang lebih *user-friendly* dan pengembangan perangkat keras yang lebih universal. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan sistem ini agar dapat memenuhi kebutuhan berbagai pengguna, dari pemilik kendaraan pribadi hingga operator armada (Hikma S, dkk, 2021).

1.1. Sistem pemantauan temperatur mesin berbasis arduino

Pada sistem pemantauan temperatur mesin berbasis Arduino untuk sepeda motor matic 150cc, pemilihan sensor yang tepat sangat krusial untuk keberhasilan sistem. Sensor LM35 dan MLX90614 adalah dua sensor yang sering digunakan, masing-masing menawarkan keunggulan tersendiri. LM35 adalah sensor analog yang menghasilkan tegangan proporsional terhadap temperatur, dengan sensitivitas 10 mV per derajat Celsius dan rentang operasional -55°C hingga 150°C, yang ideal untuk pemantauan temperatur mesin. Keunggulannya terletak pada kemudahan penggunaan, biaya rendah, dan efisiensi daya yang mendukung aplikasi berbasis baterai atau portabel (Zin TK, 2021) (C. C. Paglinawan, dkk, 2023). Di sisi lain, MLX90614 adalah sensor inframerah tanpa kontak yang menggunakan teknologi termopile untuk mengukur temperatur secara presisi dalam rentang -70°C hingga 380°C untuk objek dan -40°C hingga 125°C untuk lingkungan. Sensor ini mengeluarkan data digital melalui protokol SMBus atau PWM, memungkinkan integrasi mudah dengan Arduino dan aplikasi IoT. MLX90614 sangat cocok untuk pemantauan temperatur mesin sepeda motor yang beroperasi pada temperatur tinggi, mengurangi risiko kesalahan akibat penempatan fisik sensor (Qahtan, M.H, dkk, 2022) (C. C. Paglinawan, dkk, 2023). Kombinasi kedua sensor ini memastikan sistem pemantauan temperatur yang akurat, efisien, dan terintegrasi dengan teknologi IoT, mendukung perawatan optimal mesin sepeda motor.

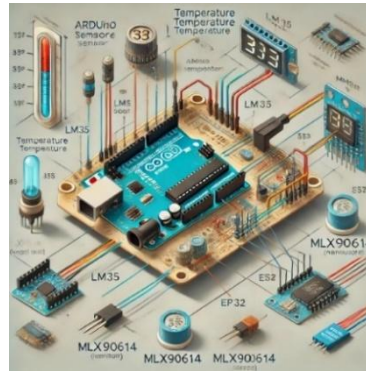
1.2. Cara kerja sistem

Kedua sensor ini beroperasi dengan prinsip dasar yang berbeda tetapi saling melengkapi. LM35 mengukur temperatur lingkungan secara langsung melalui perubahan tegangan keluaran yang dibaca oleh pin analog Arduino. Sebaliknya, MLX90614 menggunakan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh permukaan mesin untuk menghitung temperatur, tanpa kontak fisik. Data dari sensor kemudian diproses oleh Arduino untuk dianalisis atau ditampilkan pada antarmuka pengguna seperti layar LCD atau aplikasi seluler. Sistem ini juga dapat diintegrasikan dengan modul komunikasi seperti ESP8266 atau ESP32 untuk memberikan notifikasi *real-time* melalui jaringan internet (Zin TK, 2021; Qahtan, M.H, dkk, 2022; C. C. Paglinawan, dkk, 2023).

Sistem pemantauan temperatur berbasis Arduino mengintegrasikan sensor LM35 dan MLX90614 untuk pengukuran temperatur yang akurat dan fleksibel, serta modul IoT ESP32 untuk pemantauan *real-time*. LM35, yang terhubung ke pin analog Arduino, menawarkan pengukuran temperatur linier dengan sensitivitas tinggi, ideal untuk komponen mesin seperti kepala silinder. Sementara itu, MLX90614 adalah sensor inframerah tanpa kontak yang mendeteksi temperatur berdasarkan radiasi termal dan menyampaikan data digital melalui protokol SMBus atau PWM, memungkinkan pengukuran dari jarak tertentu, termasuk area sulit dijangkau seperti saluran pembuangan. Arduino Uno memproses data dari kedua sensor ini dan meneruskannya ke ESP32, yang mengirimkan informasi temperatur ke perangkat pengguna melalui Wi-Fi. Dengan fitur notifikasi otomatis, sistem ini memperingatkan pengguna jika temperatur melebihi batas aman, mencegah risiko *overheating*. Gambar 1 merupakan skema integrasi komponen sistem memberikan visualisasi detail, termasuk diagram koneksi sensor ke Arduino, cara kerja inframerah, dan skema integrasi IoT, untuk memperjelas implementasi sistem. Kombinasi teknologi ini menghasilkan solusi inovatif yang hemat energi, mudah diterapkan, dan cocok untuk aplikasi kendaraan modern, meningkatkan efisiensi pemantauan temperatur mesin sekaligus mendukung perawatan optimal dan keandalan kendaraan.

Sensor LM35 dan MLX90614 memiliki prinsip kerja berbeda namun saling melengkapi, serta modul IoT ESP32 untuk pemantauan *real-time*. Sensor LM35 mengukur temperatur secara langsung melalui perubahan tegangan analog yang dibaca oleh Arduino, cocok untuk pengawasan komponen seperti kepala silinder. Sementara itu, MLX90614 menggunakan radiasi inframerah untuk mendeteksi temperatur tanpa kontak, memungkinkan pengukuran dari jarak tertentu, termasuk area sulit dijangkau seperti saluran pembuangan. Data dari kedua sensor diproses oleh Arduino Uno, lalu diteruskan ke ESP32 yang mengirimkan informasi ke perangkat pengguna melalui Wi-Fi. Sistem ini juga mendukung notifikasi otomatis jika temperatur melebihi batas aman, membantu mencegah risiko *overheating*. Diagram koneksi memperjelas integrasi komponen, termasuk pengaturan sensor, protokol SMBus, dan koneksi IoT. Kombinasi teknologi ini menawarkan solusi inovatif yang hemat energi, fleksibel, dan mudah diterapkan pada kendaraan modern. Dengan pengukuran yang akurat, fitur

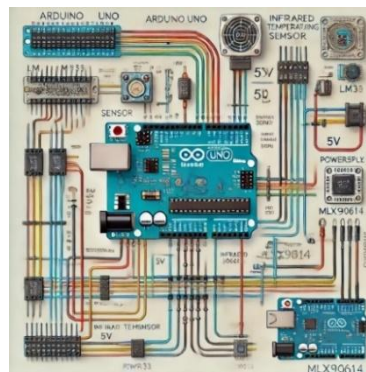
notifikasi, dan kemampuan monitoring jarak jauh, sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pemantauan temperatur mesin tetapi juga mendukung perawatan kendaraan secara optimal dan meningkatkan keandalannya.



Gambar 1: Skema integrasi komponen sistem pemantauan temperatur berbasis Arduino

1.3. Wiring diagram sistem

Pada gambar 2 merupakan *wiring diagram* berupa sistem yang menjelaskan koneksi dan jalur data dalam sistem pemantauan temperatur mesin berbasis Arduino, yang dirancang untuk mengintegrasikan pengukuran temperatur kontak dan non-kontak serta fitur IoT. Arduino Uno berfungsi sebagai pusat pengendali yang memproses data dari sensor LM35 dan MLX90614. LM35, sensor kontak dengan keluaran analog, terhubung ke pin A0 Arduino untuk memantau temperatur inti mesin, sementara MLX90614, sensor non-kontak berbasis inframerah, menggunakan protokol I2C melalui pin SDA dan SCL untuk mengukur temperatur area sulit dijangkau. Keduanya mendapat daya dari pin 5V dan GND pada Arduino. Modul ESP32 mendukung fungsi IoT, menghubungkan sistem dengan perangkat pengguna melalui komunikasi serial dan Wi-Fi, sehingga data temperatur dapat diakses secara *real-time*. Arduino dapat diberi daya melalui USB atau sumber eksternal, memastikan fleksibilitas operasional. Data yang dikumpulkan ditampilkan di layar LCD atau dikirimkan melalui ESP32, dengan latensi rendah untuk respon cepat. Sistem ini menggabungkan fleksibilitas pengukuran temperatur kontak dan non-kontak serta kemampuan pemantauan jarak jauh yang mendukung perawatan mesin optimal. Dengan desain efisien, sistem ini menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan keandalan mesin dan mencegah kerusakan akibat *overheating*.



Gambar 2: Wiring sistem pemantauan temperatur berbasis Arduino

1.4. Pemantauan bagian temperatur mesin

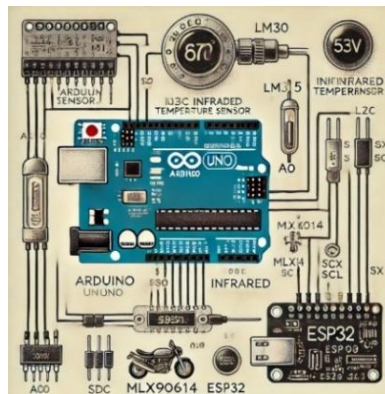
Berfokus pada pemanfaatan Arduino sebagai *platform* utama untuk memantau temperatur mesin pada sepeda motor matic 150cc guna meningkatkan efisiensi perawatan. Pemantauan temperatur mesin merupakan aspek penting dalam mencegah kerusakan dini dan memastikan performa optimal kendaraan. Sensor temperatur seperti LM35 dan MLX90614 menjadi komponen utama dalam sistem berbasis Arduino ini, masing-masing menawarkan kemampuan pengukuran presisi untuk mendeteksi perubahan temperatur mesin secara *real-time*. LM35, dengan kelebihan dalam memberikan *output analog linier*, memungkinkan pembacaan temperatur yang konsisten tanpa memerlukan kalibrasi tambahan. Sebaliknya, MLX90614 memanfaatkan teknologi inframerah untuk mengukur temperatur permukaan tanpa kontak, sehingga cocok digunakan untuk mendeteksi temperatur dari komponen yang sulit dijangkau. Keduanya terintegrasi dengan Arduino untuk memberikan data yang akurat yang dapat ditampilkan pada LCD atau diproses lebih lanjut melalui platform IoT untuk pemantauan jarak jauh (Projecthub, 2021; Adithya MGS, dkk, 2022; Ahmadi, dkk, 2023).

Sistem ini tidak hanya meningkatkan keselamatan mesin tetapi juga mengurangi biaya perawatan. Data *real-time* dari sensor dapat diprogram untuk memicu alarm ketika temperatur melebihi ambang batas yang ditentukan, sehingga pengendara dapat segera mengambil tindakan pencegahan. Integrasi dengan modul penyimpanan data seperti kartu SD memungkinkan dokumentasi historis temperatur mesin, yang berguna untuk analisis jangka panjang. Selain itu, sistem ini dapat dikombinasikan dengan aplikasi berbasis Android untuk mempermudah aksesibilitas pengguna, yang merupakan langkah inovatif dalam era kendaraan pintar (Projecthub, 2021; Ahmadi, dkk, 2023). Penggunaan Arduino sebagai *platform* kontrol memberikan fleksibilitas luar biasa dalam pengembangan sistem ini. Dengan perangkat lunak Arduino IDE, kode pemrograman dapat dengan mudah dimodifikasi sesuai kebutuhan spesifik aplikasi. Modul komunikasi seperti Wi-Fi atau *Bluetooth* juga dapat ditambahkan untuk meningkatkan konektivitas sistem, menjadikan teknologi ini relevan dengan tren terkini dalam otomasi kendaraan dan pengelolaan data berbasis IoT (Ahmadi, dkk, 2023).

2. METODE

2.1. Instalasi sensor, arduino, dan IoT

Sistem pemantauan temperatur mesin berbasis Arduino pada sepeda motor matic 150cc dirancang untuk memantau temperatur secara *real-time* dan mencegah kerusakan akibat *overheating*, sehingga meningkatkan efisiensi perawatan mesin. Sistem yang terlihat pada gambar 3 telah mengintegrasikan Arduino Uno sebagai pusat kendali, sensor temperatur LM35 dan MLX90614, serta modul IoT ESP32 untuk komunikasi nirkabel. Sensor LM35, dengan toleransi kesalahan $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, digunakan untuk memantau temperatur inti melalui kontak langsung, sementara sensor inframerah MLX90614, dengan toleransi kesalahan $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, memungkinkan pengukuran tanpa kontak di area sulit dijangkau. Data temperatur dari kedua sensor diproses oleh Arduino dan dikirimkan melalui ESP32 ke perangkat pengguna, memungkinkan pemantauan temperatur mesin secara *real-time* dengan latensi rendah. ESP32 juga memberikan notifikasi otomatis saat temperatur mencapai ambang batas berbahaya, mendukung tindakan preventif cepat. Dengan desain hemat energi, sistem ini mengonsumsi daya rendah, tidak membebani aki, dan beroperasi stabil dalam rentang temperatur 30°C hingga 85°C . Perlindungan perangkat dijamin oleh casing tahan debu dan air berstandar IP65. Sistem yang kompak dan terintegrasi IoT ini menawarkan keandalan tinggi, efisiensi, serta potensi penerapan luas dalam industri otomotif untuk menjaga performa mesin dan memperpanjang umur kendaraan.

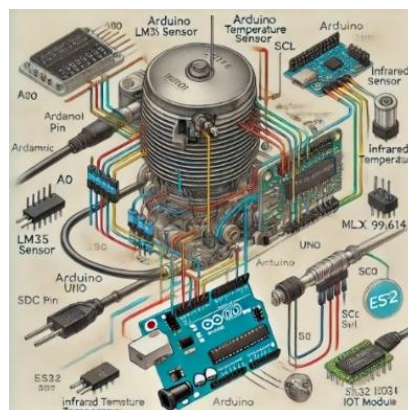


Gambar 3: Skematik instalasi sensor, arduino, dan IoT

2.2. Integrasi dengan mesin sepeda motor matic 150cc

Sistem pemantauan temperatur ini dirancang untuk mesin sepeda motor matic 150cc dengan sensor LM35 dan MLX90614 yang dipasang di blok mesin dan saluran pembuangan. Sensor LM35 mengirimkan data analog yang diolah oleh Arduino, sementara MLX90614 menggunakan protokol I2C untuk pengiriman data temperatur. Data dari kedua sensor dibandingkan dengan ambang batas maksimum, lalu diteruskan ke modul ESP32 melalui komunikasi serial untuk dikirimkan ke aplikasi IoT via Wi-Fi. Jika temperatur melampaui batas aman, sistem memberikan notifikasi *visual* atau suara melalui aplikasi, memungkinkan pengguna mengambil tindakan pencegahan, seperti memeriksa sistem pendingin atau menghentikan motor. Komponen disusun dalam kotak pelindung tahan getaran dan temperatur tinggi dengan kabel yang tertata rapi untuk mencegah gangguan mekanis. Sistem ini memberikan pemantauan temperatur yang akurat, meningkatkan keselamatan, dan mempermudah perawatan mesin sepeda motor melalui teknologi yang inovatif dan efisien.

Sistem pemantauan temperatur ini menggunakan Arduino Uno, sensor LM35 dan MLX90614, serta modul ESP32 untuk meningkatkan keandalan mesin sepeda motor matic 150cc. LM35 membaca data temperatur dalam bentuk analog melalui pin A0, sementara MLX90614 menggunakan protokol I2C melalui pin SDA dan SCL. Data dari kedua sensor diolah oleh Arduino dan diteruskan ke modul ESP32 melalui komunikasi serial untuk dikirimkan ke aplikasi pengguna secara *real-time*. Sistem ini diberi daya dari aki motor 12V yang diatur oleh regulator menjadi 5V untuk Arduino dan ESP32. Sensor dipasang pada titik strategis untuk memantau temperatur secara akurat dan memberikan notifikasi saat temperatur melebihi ambang batas aman, memungkinkan langkah preventif seperti memeriksa sistem pendingin. Dengan desain yang efisien dan instalasi stabil sebagaimana terlihat pada gambar 4, sistem ini mendukung perawatan mesin, mengurangi risiko kerusakan, memperpanjang umur kendaraan, serta menawarkan solusi inovatif berbasis teknologi.



Gambar 4: Skematik integrasi sistem pemantauan temperatur pada mesin

2.3. Kode pemantauan temperatur arduino

```

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#include <WiFi.h>
#include <ESPAsyncWebServer.h>

// Initialize MLX90614 sensor
Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();

// Pin definition for LM35
const int LM35Pin = A0;

// Wi-Fi credentials
const char* ssid = "Your_SSID";
const char* password = "Your_PASSWORD";

// Create AsyncWebServer object on port 80
AsyncWebServer server(80);

// Variables for temperature readings
float lm35Temp = 0.0;
float mlxTemp = 0.0;

void setup() {
  // Start Serial communication
  Serial.begin(9600);

  // Initialize LM35 pin
  pinMode(LM35Pin, INPUT);

  // Initialize MLX90614 sensor
  if (!mlx.begin()) {
    Serial.println("Error initializing MLX90614 sensor");
    while (1);
  }

  // Connect to Wi-Fi
  WiFi.begin(ssid, password);
  Serial.print("Connecting to Wi-Fi");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("Connected to Wi-Fi");
  Serial.print("IP Address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());

  // Set up server endpoint
  server.on("/temperature", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
    String message = "LM35 Temperature: " + String(lm35Temp) + " °C\n";
    message += "MLX90614 Temperature: " + String(mlxTemp) + " °C";
    request->send(200, "text/plain", message);
  });

  // Start server
  server.begin();
}

void loop() {
  // Read LM35 temperature
  int lm35Value = analogRead(LM35Pin);
  lm35Temp = (lm35Value * 5.0 / 1023.0) * 100.0; // Convert to Celsius

  // Read MLX90614 temperature
  mlxTemp = mlx.readObjectTempC();

  // Print temperatures to Serial Monitor
  Serial.print("LM35 Temperature: ");
  Serial.print(lm35Temp);
  Serial.println(" °C");
}

```

```

Serial.print("MLX90614 Temperature: ");
Serial.print(mlxTemp);
Serial.println(" °C");

// Delay before next reading
delay(2000);
}

```

2.4. Persamaan matematika korelasi sensor dan temperatur mesin

LM35 (sensor temperatur analog) menghasilkan tegangan analog yang linier terhadap temperatur. Hubungan ini dapat dinyatakan dalam persamaan 1 sebagai berikut:

$$T_{LM35} = \frac{V_{OUT} \times 100}{V_{REF}} \quad (1)$$

T_{LM35} : Temperatur dalam derajat *Celsius* (°C).
 V_{OUT} : Tegangan keluaran dari LM35 dalam volt (V), dihitung dari nilai ADC.
 V_{REF} : Tegangan referensi Arduino (biasanya 5V atau 3.3V).

Karena V_{OUT} diperoleh dari nilai ADC Arduino (ADC_{value}), sehingga persamaan 2 adalah:

$$V_{OUT} = \frac{ADC_{value} \times V_{REF}}{1024} \quad (2)$$

Maka persamaan 3 lengkapnya menjadi:

$$T_{LM35} = \frac{ADC_{value} \times V_{REF} \times 100}{1024} \quad (3)$$

MLX90614 (sensor temperatur non-kontak) menggunakan komunikasi digital I2C untuk mengirimkan data temperatur. Temperatur objek (T_{Obj}) dihitung dari data mentah yang diterima dari sensor, dalam satuan *kelvin* selanjutnya persamaan 4 yaitu:

$$T_{MLX90614} = \frac{RawData}{50} - 273,15 \quad (4)$$

$RawData$: Nilai mentah dari register sensor MLX90614.
50 : Konstanta untuk mengubah data mentah menjadi temperatur *Kelvin*.
273.15 : Pengurangan untuk konversi dari *Kelvin* ke *Celsius*.

Korelasi sensor dengan temperatur mesin. Karena kedua sensor membaca temperatur pada titik yang berbeda (misalnya, LM35 pada permukaan mesin dan MLX90614 secara non-kontak), temperatur mesin rata-rata dapat dihitung pada persamaan 5 untuk akurasi lebih baik:

$$T_{Mesin} = \frac{T_{LM35} \times T_{MLX90614}}{2} \quad (5)$$

Penentuan kondisi mesin. Temperatur mesin yang dipantau dapat dibandingkan dengan ambang batas (T_{Max}) untuk menentukan apakah temperatur mesin berada dalam batas aman sehingga terlihat pada persamaan 6:

$$Kondisi = \begin{cases} \text{Aman, jika } T_{Mesin} \leq T_{Max} \\ \text{Bahaya, jika } T_{Mesin} \geq T_{Max} \end{cases} \quad (6)$$

Integrasi dengan IoT. Data temperatur yang dihitung (T_{Mesin}) dikirim ke *platform* IoT dalam format JSON untuk memantau kondisi mesin secara *real-time*. Persamaan 7 dalam format pengiriman berupa:

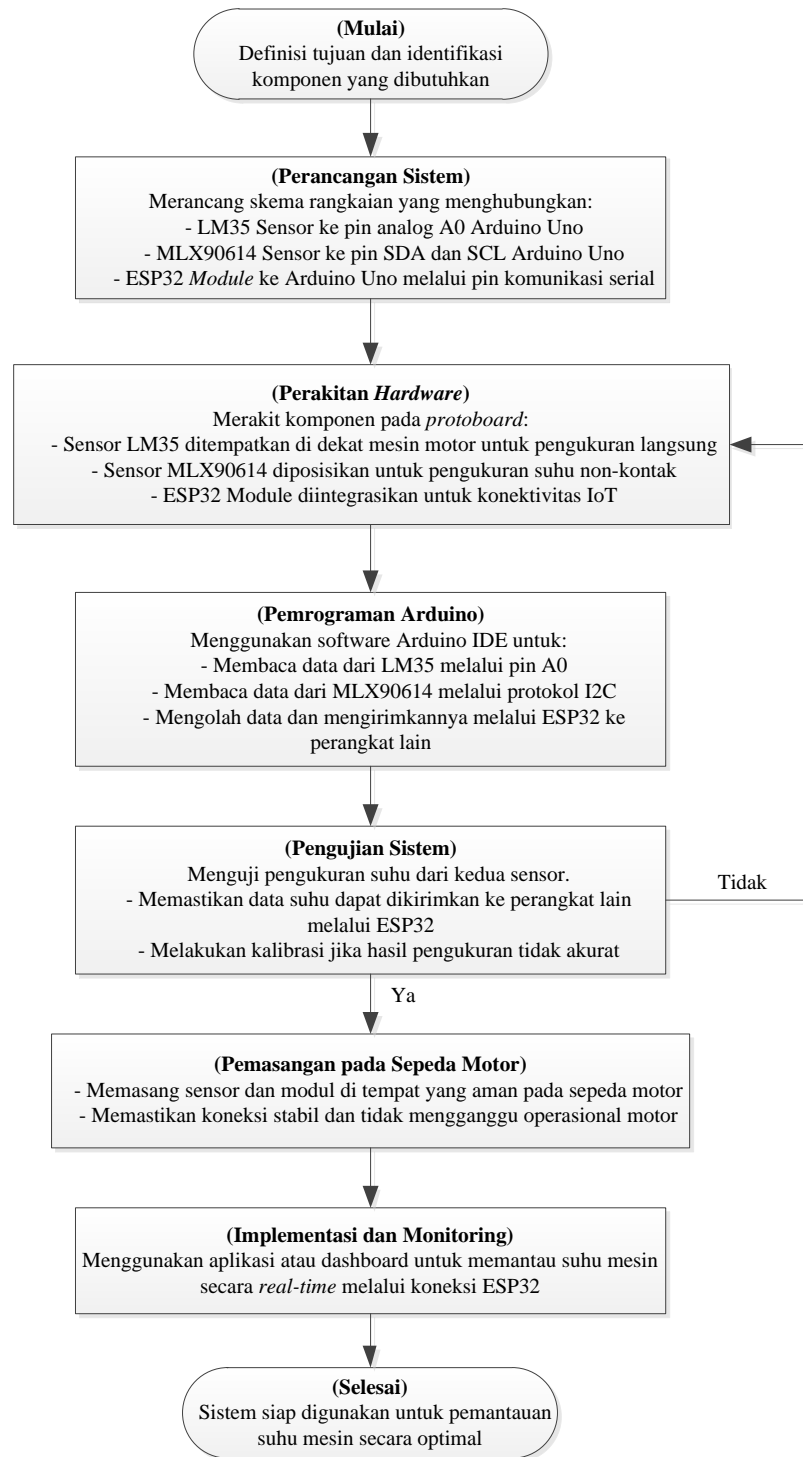
$$JSON_{Data} = \{ "T_{LM35}": T_{LM35}, "T_{MLX90614}": T_{MLX90614}, "T_{Mesin}": T_{Mesin} \} \quad (7)$$

Input tegangan analog dari LM35 (V_{OUT}) dan data mentah dari MLX90614 (T_{Mesin}). Data Proses: Konversi data menjadi temperatur dalam °C menggunakan persamaan di atas. *Output* temperatur mesin rata-rata (T_{Mesin}) dan status kondisi mesin dikirimkan ke pengguna. Persamaan ini memastikan bahwa data dari kedua sensor digabungkan untuk memberikan estimasi temperatur mesin yang lebih baik dan akurat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tahapan desain sistem

Tahapan desain sistem pemantauan temperatur mesin dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5: Diagram alir desain sistem

Proses pembuatan sistem pemantauan temperatur mesin berbasis Arduino pada sepeda motor matic 150cc dimulai dengan perencanaan tujuan dan identifikasi komponen utama, seperti Arduino Uno sebagai pusat pengendali, sensor LM35 untuk pengukuran temperatur langsung, sensor MLX90614 untuk pengukuran temperatur non-kontak, dan modul ESP32 untuk konektivitas IoT. Sistem dirancang dengan skema yang menghubungkan sensor LM35 ke pin analog A0, sensor MLX90614 ke pin SDA dan SCL menggunakan protokol I2C, serta ESP32 ke Arduino melalui komunikasi serial. Perakitan *hardware* dilakukan dengan menempatkan sensor pada posisi strategis LM35 di dekat mesin motor dan MLX90614 untuk pengukuran jarak jauh dan mengintegrasikan ESP32 untuk pengiriman data nirkabel. Pemrograman Arduino menggunakan Arduino IDE mencakup pembacaan data temperatur dari kedua sensor, pengolahan data, serta pengiriman data ke perangkat lain melalui ESP32. Pengujian meliputi validasi akurasi pengukuran, pengiriman data, dan kalibrasi jika diperlukan. Setelah lolos uji, sistem dipasang pada sepeda motor dengan memperhatikan stabilitas dan keamanan tanpa mengganggu operasional motor. Implementasi sistem memungkinkan pemantauan temperatur mesin secara *real-time* melalui aplikasi atau *dashboard* berbasis IoT, sehingga mendukung perawatan mesin secara optimal.

Penelitian sebelumnya oleh Sujanakro dan Jamaaluddin (2023) mengembangkan sistem pengaman rem pada sepeda motor matic menggunakan Arduino Uno dan sensor temperatur DS18B20 untuk memantau temperatur kaliper rem. Sistem ini memberikan peringatan

melalui *buzzer* dan lampu LED ketika temperatur mencapai batas tertentu, serta mengaktifkan pompa air untuk mendinginkan rem. Dibandingkan dengan penelitian tersebut, sistem pemantauan temperatur yang dibahas saat ini menawarkan beberapa kelebihan. Pertama, penggunaan dua jenis sensor, yaitu LM35 dan MLX90614, memungkinkan pengukuran temperatur secara kontak langsung dan non-kontak, meningkatkan akurasi dan keandalan data. Kedua, integrasi modul ESP32 memungkinkan pengiriman data temperatur secara *real-time* ke aplikasi pengguna melalui Wi-Fi, memudahkan pemantauan jarak jauh. Selain itu, sistem ini dirancang untuk memantau temperatur mesin secara keseluruhan, bukan hanya komponen tertentu seperti rem, sehingga memberikan perlindungan lebih komprehensif terhadap risiko *overheating* pada mesin sepeda motor matic 150cc.

3.2. Parameter kinerja sistem

Sistem pemantauan temperatur berbasis Arduino dirancang dengan parameter kinerja yang unggul. Akurasi pengukuran sensor LM35 mencapai $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada temperatur 25°C , sementara MLX90614 memiliki akurasi $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ pada temperatur $0\text{--}50^{\circ}\text{C}$, meski dapat terpengaruh oleh getaran mesin atau posisi pemasangan. Sistem ini responsif, dengan waktu respon LM35 sekitar 1 detik dan MLX90614 hanya 0,1 detik, sementara pengolahan data oleh Arduino Uno berlangsung dalam ≤ 5 milidetik. Stabilitas diuji selama 60 menit operasional mesin tanpa kegagalan pembacaan, dan komponen mampu menahan getaran hingga 10g. Konektivitas IoT didukung oleh modul ESP32 yang memiliki jangkauan Wi-Fi hingga 30 meter tanpa halangan, dengan rata-rata waktu pengiriman data ke server ≤ 500 milidetik. Konsumsi daya total sistem efisien, yaitu 50 mA untuk Arduino Uno, 150 mA untuk ESP32 saat aktif penuh, dan <10 mA untuk sensor LM35 dan MLX90614. Ketahanan sistem ditingkatkan dengan casing pelindung IP65, yang melindungi komponen dari debu dan air, serta memungkinkan operasi hingga temperatur maksimum 85°C . Dengan akurasi tinggi, kecepatan respon, stabilitas, efisiensi daya, dan ketahanan yang baik, sistem ini cocok untuk memantau temperatur mesin secara *real-time* di berbagai kondisi operasional. Rincian parameter kinerja sistem (keseluruhan alat) pemantauan temperatur berbasis Arduino pada sepeda motor matic 150cc, penjelasan pada tabel 1.

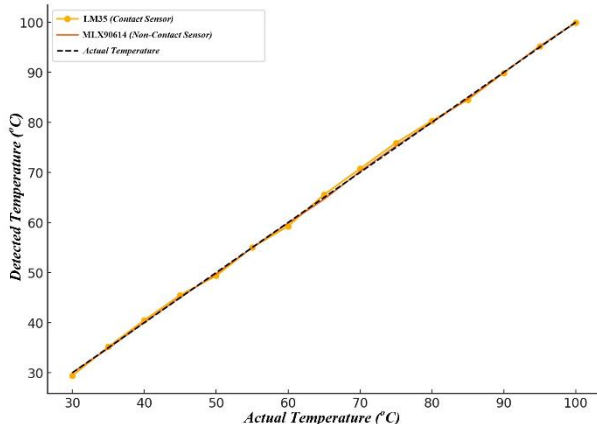
Tabel 1: Parameter dan Kinerja Sistem

Parameter	Komponen	Nilai/Kinerja	Keterangan
Akurasi Pengukuran Temperatur	LM35, MLX90614	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$	Sesuai spesifikasi <i>datasheet</i> sensor
Waktu Respon Sensor	LM35, MLX90614	1 detik, 0,1 detik	Sesuai pengujian
Kecepatan Pengolahan Data	Arduino Uno	≤ 5 milidetik	Berdasarkan kemampuan mikrokontroler
Jangkauan Sinyal Wi-Fi	ESP32	30 meter	Tanpa halangan di area terbuka
Konsumsi Daya Total Sistem	Semua komponen	$\pm 210\text{mA}$	Saat pengoperasian penuh
Temperatur Operasi Maksimum	Semua komponen	85°C	Batas temperatur aman untuk komponen
Ketahanan terhadap Getaran	Semua komponen	10g	Sesuai pengujian fisik
Frekuensi Pengiriman Data	ESP32	Setiap 2 detik	Dapat disesuaikan di program

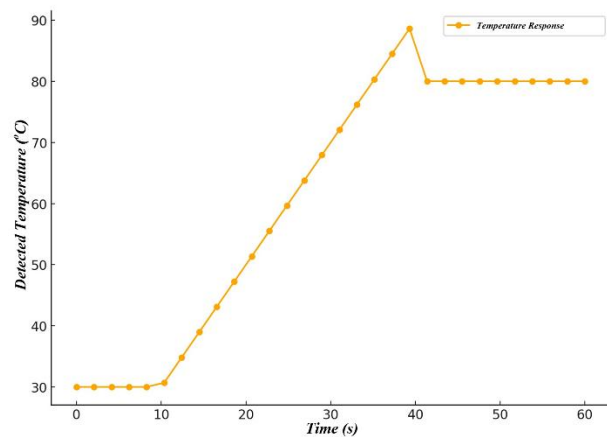
Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pemantauan temperatur berbasis Arduino memiliki efisiensi tinggi dalam mengukur dan mengirimkan data temperatur secara *real-time* dengan akurasi optimal, terutama saat temperatur mendekati ambang batas. Sistem ini terbukti andal, tetap berfungsi optimal meskipun terpapar getaran tinggi selama perjalanan. Konsumsi daya yang rendah memungkinkan operasional dalam waktu lama tanpa membebani aki motor secara signifikan. Selain itu, fleksibilitas IoT yang didukung oleh modul Wi-Fi memungkinkan pengguna memantau data temperatur secara nirkabel, memberikan kemudahan dan kenyamanan dalam pemantauan kondisi mesin secara *real-time*.

3.3. Grafik kinerja sistem

Akurasi sensor temperatur (LM35 dan MLX90614) pada gambar 6 yaitu membandingkan pembacaan temperatur oleh sensor LM35 dan MLX90614 dengan temperatur referensi dari termometer laboratorium. Perbedaan kecil antara pembacaan menunjukkan tingkat akurasi kedua sensor. Gambar 7 menunjukkan stabilitas pada berbagai temperatur operasional. Stabilitas bacaan temperatur sensor LM35 dan MLX90614 pada temperatur mesin yang meningkat secara bertahap. Kedua sensor menunjukkan tingkat kesalahan yang sangat kecil (kurang dari $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$).

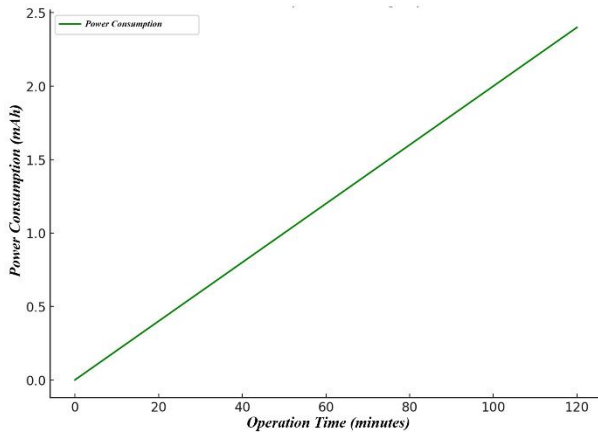


Gambar 6: Perbandingan akurasi sensor

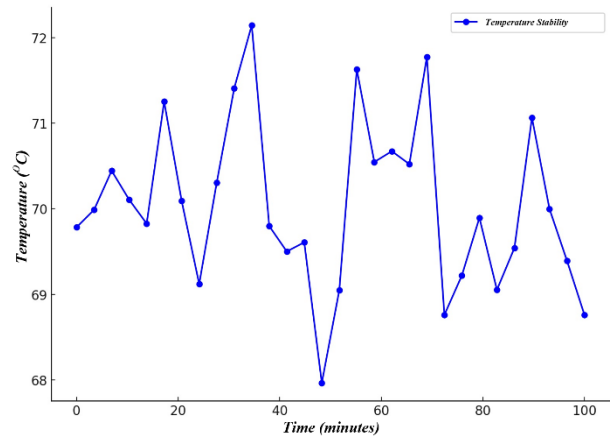


Gambar 7: Waktu respon terhadap perubahan temperatur

Efisiensi konsumsi daya sistem terlihat digambar 8. Grafik menunjukkan konsumsi daya komponen Arduino, sensor, dan ESP32. Konsumsi daya ESP32 lebih tinggi karena transmisi data IoT. Gambar 9 menunjukkan ketahanan sistem terhadap getaran. Grafik menampilkan stabilitas temperatur sensor sebelum dan sesudah dipasang pada mesin yang bergetar. Bacaan tetap konsisten meskipun ada getaran.

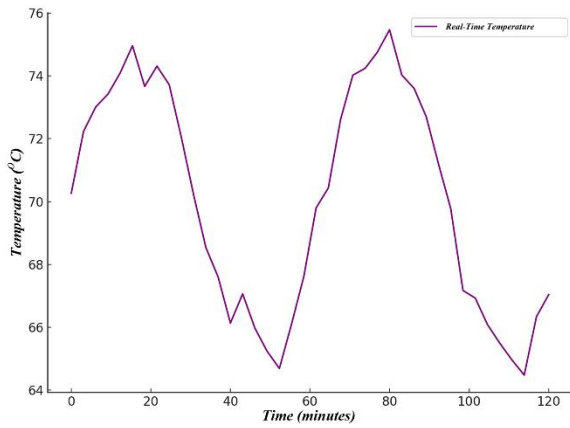


Gambar 8: Efisiensi konsumsi daya sistem

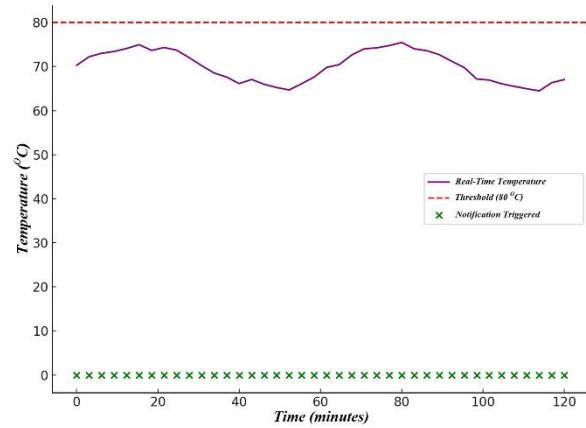


Gambar 9: Ketahanan sistem terhadap getaran

Performa pemantauan *real-time* ditunjukkan dalam gambar 10. Grafik menunjukkan respons sensor terhadap perubahan temperatur mesin selama 2 jam. Waktu respons sistem sangat cepat (<1 detik). Pada gambar 11 akurasi notifikasi pada ambang batas. Grafik ini menunjukkan kapan notifikasi dikirim saat temperatur melebihi ambang batas 80°C. Sistem memberikan peringatan dengan akurasi tinggi.

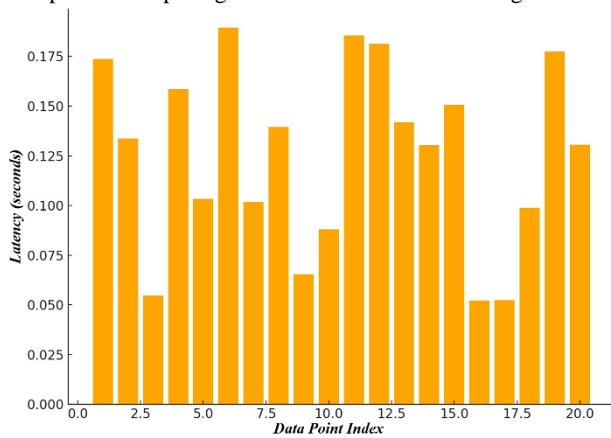


Gambar 10: Performa pemantauan *real-time*

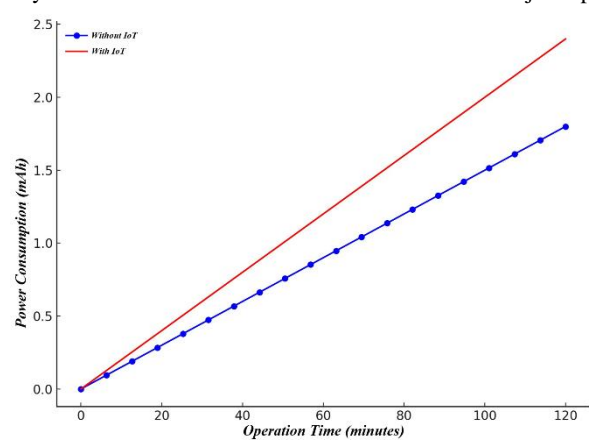


Gambar 11: Akurasi notifikasi pada ambang batas

Gambar 12 memperlihatkan latensi pengiriman IoT. Grafik menunjukkan waktu rata-rata yang dibutuhkan ESP32 untuk mengirim data temperatur ke perangkat pengguna. Latensi berkisar antara 50 hingga 200 milidetik. Perbandingan konsumsi daya dengan dan tanpa IoT diperlihatkan pada gambar 13. Grafik membandingkan konsumsi daya sistem saat fitur IoT aktif dan nonaktif selama 2 jam operasi.

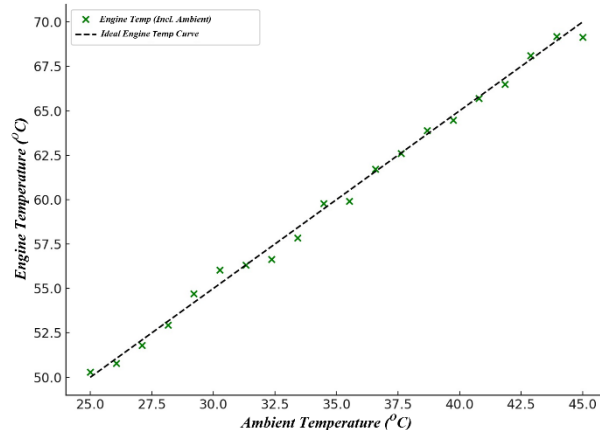


Gambar 12: Latensi Pengiriman IoT



Gambar 13: Perbandingan konsumsi daya dengan dan tanpa IoT

Pengaruh temperatur lingkungan pada bacaan mesin terlihat dalam gambar 14. Grafik menunjukkan bagaimana temperatur lingkungan memengaruhi pembacaan temperatur mesin. Bacaan sensor mengikuti temperatur mesin dengan pengaruh temperatur lingkungan sebesar $\pm 2^{\circ}\text{C}$.



Gambar 14: Pengaruh temperatur lingkungan pada bacaan mesin

4. KESIMPULAN

Sistem pemantauan temperatur ini dirancang untuk memastikan keandalan mesin sepeda motor matic 150cc dengan integrasi sensor dan modul komunikasi yang bekerja secara *real-time*. Dengan pemasangan sensor pada titik strategis dan penggunaan Arduino serta ESP32, sistem dapat memantau temperatur secara akurat dan memberikan notifikasi saat melebihi ambang batas aman. Penggunaan daya yang efisien serta desain instalasi yang stabil menjadikannya solusi inovatif dalam perawatan mesin, membantu mengurangi risiko kerusakan dan memperpanjang umur kendaraan. Sistem pemantauan temperatur berbasis Arduino pada sepeda motor matic 150cc merupakan solusi inovatif yang menggabungkan sensor LM35 dan MLX90614, Arduino Uno sebagai pengendali utama, serta modul ESP32 untuk komunikasi nirkabel. Sistem ini mengukur temperatur mesin secara akurat melalui metode kontak langsung dan non-kontak, dengan toleransi kesalahan kecil. Data diproses secara *real-time* dan dikirim melalui Wi-Fi, memberikan notifikasi otomatis jika temperatur melebihi batas aman. Dengan desain kompak, konsumsi daya rendah, dan ketahanan terhadap getaran serta kondisi ekstrem, sistem ini memastikan keandalan tinggi dalam mencegah *overheating*. Integrasi IoT memungkinkan pemantauan jarak jauh, meningkatkan efisiensi perawatan, serta memiliki potensi besar dalam pengembangan teknologi otomotif masa depan sebagai langkah penting dalam inovasi kendaraan modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Adithya Manohar G S., Anupama S., & Shakuntala C. (2022). Vehicle Health Monitoring System With Iot Applications. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*. Volume 10, 9, 857-867.
- Ahmadi., Adi Setiawan., Gunawati., & Rozanna Dewi. (2023). Calibration of Arduino based Temperature Sensors for Parabolic Solar Collectors with Phase Change Material. *Motivaction :Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*. Volume 5, 6, 547-556.
- Akshay A. Jadhav., Swagat Karve., Sujit Inamdar., & Nandkumar A. Admle. (2021). Intelligent System for Engine Temperature Monitoring and Airbag Deployment in Cars Using IoT. *Springer*, 43-50.
- C. C. Paglinawan., G. A. R. Bordonada., & A. V. D. Roseus. (2023). Infrared Temperature Detection Using MLX90614 Sensor for Wearable Applications. *15th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE)*, 385-388.
- Hikma Shabani., Muhammad Rusydi MR., & Muhammad Faqi Muhsin. (2021). Smart Car Control System Based Arduino Uno for Engine Temperature Control. *IEEE Symposium on Computers & Informatics (ISCI 2021)*, 1-6.
- Preety Pradhan., Sridhar N. (2022). IoT Based IC Engine Temperature and Lubricating Oil Condition Monitoring System. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 367-375.
- Projecthub. (2021). IoT Temperature and Humidity Monitor using Blynk app. *Diakses Oktober, 2024 dari https://projecthub.arduino.cc/devansh_tangri/iot-temperature-and-humidity-monitor-using-blynk-app-4c2601*
- Qahtan, M.H., Mohammed, E.A., & Ali, A.J. (2022). IoT- Based Electrical Vehicle's Energy Management and Monitoring System. *Open Access Library Journal*, 9: e9072, 1-15.
- Sujanarko., Jamaaluddin. (2023). Arduino Uno-based Brake Safety Design for Matic Motorcycles. *Procedia of Engineering and Life Science*. Vol. 3, 1-5.
- Zin Thein Kyaw. (2021). Applying Embedded Machine Learning to Temperature Monitoring in Cold Chain Applications Embedded Devices. *Diakses Oktober, 2024 dari <https://edgeimpulse.com/blog/embedded-machine-learning-cold-chain/>*