



Rancang Bangun Sistem Monitoring Kinerja *Main Engine* Kapal Berbasis IOT

Aditya Putra Mahendra¹, Sri Mulyanto Herlambang², Prima Yudha Yudianto³

^{1,2,3}Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Abstract. *Main engine is the main driving engine. This research develops a ship's main engine temperature monitoring system using the Blynk application. Thermocouple sensors measure engine temperature and IR Sensor measure RPM, the data is processed by ESP32, and sent to the Blynk cloud server, this research aims to determine the design of a prototype intelligent monitoring system to detect the temperature of a ship's main engine using a Thermocouple sensor, NodeMCU ESP32 which operates at 3.3V power is used as the processing core data. The system design in this research integrates Internet of Things (IoT) technology. Test factors for thermocouple temperature measuring devices and RPM sensors (IR Sensors). The test procedure uses a dynamo as a simulation of the main engine, tested for 5-10 minutes under normal conditions and 5 minutes when the dynamo feels warm to hot.*

Keywords: *Performance Monitoring, Main Engine, Internet of Things (IoT).*

Abstrak. *Main engine* merupakan mesin penggerak utama. Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan suhu mesin utama kapal menggunakan aplikasi Blynk. Sensor Thermocouple mengukur suhu mesin dan IR Sensor mengukur RPM, data diproses oleh ESP32, dan dikirim ke server cloud Blynk, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perancangan prototype sistem pemantauan cerdas untuk mendeteksi suhu main engine kapal menggunakan sensor Thermocouple, NodeMCU ESP32 yang beroperasi pada daya 3.3V digunakan sebagai inti pemrosesan data. Rancangan sistem dalam penelitian ini mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT). Faktor uji perangkat pengukur suhu *thermocouple* dan sensor RPM (IR Sensor). Prosedur uji menggunakan Motor DC sebagai simulasi main engine, diuji 1-10 menit dalam keadaan normal dan 5 menit saat Motor DC terasa hangat hingga panas.

Kata Kunci: Monitoring Kinerja, Main Engine, Internet of Things (IoT).

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah memberikan dampak signifikan dalam berbagai bidang, termasuk industri pelayaran. Salah satu aplikasi penting dari teknologi ini adalah dalam monitoring dan pemeliharaan mesin penggerak utama (*main engine*) kapal. Mesin penggerak utama merupakan komponen vital dalam operasional kapal, sehingga kinerja dan kondisi mesin harus dipantau secara terus-menerus untuk mencegah kerusakan yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi atau bahkan kecelakaan.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan pentingnya sistem pendinginan dan kontrol jarak jauh dalam operasi mesin kapal. Misalnya, penelitian oleh Dhimas (2022) mengembangkan sistem pendinginan mesin penggerak utama yang lebih efisien menggunakan Arduino Uno. Meskipun sistem ini meningkatkan efisiensi pendinginan, penelitian tersebut tidak mencakup aspek monitoring kinerja mesin secara menyeluruh. Selain itu, Cahyono dan Wibowo (2020) dalam Jurnal Teknik Elektro mengembangkan sistem monitoring dan kontrol

jarak jauh untuk mesin kapal menggunakan teknologi IoT. Sistem ini memungkinkan operator untuk menyesuaikan parameter operasional mesin dari lokasi yang jauh, namun fokus utama dari penelitian ini adalah pada kontrol jarak jauh, bukan pada monitoring kinerja main engine secara real-time.

Berdasarkan studi literatur di atas, terdapat kekurangan dalam penelitian sebelumnya, yaitu kurangnya fokus pada monitoring kinerja main engine secara keseluruhan dan real-time. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan mengembangkan sistem monitoring kinerja main engine kapal berbasis IoT yang dapat memantau kondisi mesin secara real-time. Dengan adanya sistem monitoring berbasis IoT, operator kapal dapat memperoleh informasi yang akurat dan real-time mengenai kondisi mesin, sehingga dapat melakukan tindakan preventif sebelum terjadi kerusakan.

Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah pengembangan sistem monitoring kinerja main engine kapal berbasis IoT yang mampu memberikan informasi real-time mengenai kinerja mesin. Data awal menunjukkan bahwa kegagalan fungsi dan kerusakan mesin kapal sering kali disebabkan oleh kurangnya monitoring dan pemeliharaan yang tepat waktu. Dengan adanya sistem monitoring berbasis IoT, diharapkan dapat diperoleh data yang lebih akurat dan sistematis mengenai kondisi mesin, sehingga dapat dilakukan tindakan preventif yang lebih efektif.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional kapal melalui pengembangan sistem monitoring kinerja main engine berbasis IoT yang lebih canggih dan komprehensif. Data dari industri pelayaran dan dokyard akan digunakan untuk mengevaluasi penerapan dan pengujian sistem ini, sehingga solusi yang diberikan dapat diimplementasikan dengan efektif dan memberikan dampak nyata dalam operasional kapal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Main Engine Kapal

Main engine atau mesin penggerak utama merupakan komponen vital pada kapal yang berfungsi menghasilkan tenaga putar poros untuk memutar baling-baling sehingga menggerakkan kapal. Mesin penggerak utama menggunakan prinsip kerja motor bakar pembakaran dalam, di mana bahan bakar solar disemprotkan ke ruang bakar silinder dan dinyalakan oleh percikan api busi. Reaksi pembakaran ini menimbulkan pelepasan panas yang sangat besar dan gas hasil pembakaran bertekanan tinggi untuk mendorong piston bergerak naik turun memutar poros engkol (Theotokatos et al., 2020). Putaran poros engkol kemudian

ditransmisikan untuk memutar baling-baling kapal. Secara umum, main engine kapal bisa beroperasi sekitar 300-400 hari per tahun. Temperatur hasil pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar utama dapat mencapai 800-1000 derajat Celcius pada beberapa tipe mesin diesel kapal besar dengan daya mencapai puluhan megawatt. Pada umumnya mesin diesel dapat beroperasi pada dua kecepatan yaitu 1500 RPM untuk 50 Hz dan 1800 RPM untuk 60 Hz (Geertsma et al., 2022).

Sistem pendingin pada mesin diesel kapal umumnya menggunakan media air laut atau air tawar yang diedarkan ke seluruh blok mesin dan komponen vital melalui saluran pendingin dan block jacket. Apabila terjadi masalah pada pompa atau saluran distribusi sehingga aliran pendingin terhambat, maka sebagian panas hasil pembakaran tidak dapat dibuang, sehingga terakumulasi pada komponen mesin dan melebihi ambang batas toleransi logam (Bae et al., 2021). Akibatnya liner, kepala silinder, torak piston dan komponen lainnya akan mengalami peningkatan temperatur yang signifikan hingga ratusan derajat, yang dikenal sebagai kondisi overheating. Overheating yang dibiarkan secara terus menerus tanpa deteksi dan perbaikan akan menimbulkan kerusakan yang makin parah. Komponen mesin yang overheating dapat mengalami deformasi permanen, keausan berlebih, retak atau bahkan patah total akibat kelelahan material karena terpapar suhu kerja abnormal dalam waktu lama (Anantharaman et al., 2023).

Sensor Suhu Thermocouple

Sensor Thermocouple merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur suhu. Sensor ini terdiri dari dua jenis logam berbeda yang disambung pada satu ujung, membentuk suatu persimpangan. Ketika persimpangan ini terkena panas, Thermocouple menghasilkan tegangan yang sebanding dengan perbedaan suhu antara persimpangan panas (*hot junction*) dan persimpangan dingin (*cold junction*). Tegangan ini kemudian dapat dikonversikan menjadi pembacaan suhu.

Mikrokontroler Arduino

Mikrokontroler Arduino merupakan platform open-source yang populer digunakan untuk pengembangan sistem elektronika dan interface, termasuk pada bidang instrumentasi, otomatisasi, hingga Internet of Things (Pratama et al., 2023). Arduino mengintegrasikan sebuah mikrokontroler Atmega seri tertentu, memori flash, EEPROM, RAM, dan sirkuit pendukung seperti regulator tegangan dan port input output yang terhubung dengan pin header standar. Pemrograman Arduino menggunakan bahasa tingkat tinggi serupa C/C++ yang ditulis

pada IDE Arduino, kemudian program di-compile dan di-upload menuju memori mikrokontrolernya.

Sebagai sebuah platform open-source dan open-hardware, pengguna Arduino diberikan kebebasan penuh untuk memodifikasi, meningkatkan fungsionalitas, hingga mendistribusikan kembali rancangan Arduino baik secara komersial maupun non-komersial. Hal ini telah memicu munculnya berbagai varian Arduino clone dari berbagai produsen selain developer dan komunitas resmi Arduino LLC. Beberapa contoh populer antara lain Seeed Studio, Uno R3 DIP dari SB Components, dan NodeMCU ESP32 (Supriyanto et al., 2022).

NodeMCU ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang sering digunakan untuk perangkat Internet of Things atau biasa disebut IoT. Mikrokontroler besutan Espressif Systems ini memiliki elemen yang sangat lengkap dan mudah digunakan. Salah satu fitur yang paling menonjol adalah modul Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi. Dengan modul Wi-Fi ini, ESP32 dapat terhubung ke internet melalui jaringan nirkabel, memungkinkannya berfungsi sebagai perangkat IoT yang efisien. Selain dapat berperan sebagai klien yang berinteraksi dengan jaringan, ESP32 juga mampu berfungsi sebagai access point dan server web (Kurniawan et al., 2023).

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) untuk segala adalah sebuah konsep yang mengacu pada jaringan objek fisik yang terhubung ke web dan dapat saling bertukar information tanpa perlu campur tangan manusia. Dengan *individualized organization* lain, IoT merujuk pada kemampuan suatu benda atau perangkat untuk terhubung dengan *web*, mengumpulkan information, dan bertindak sesuai dengan information tersebut.

Breadboard

Definisi *breadboard Arduino* adalah sejenis papan yang biasanya digunakan untuk membuat model rangkaian elektronik. Beberapa orang kadang menyebutnya project board atau bahkan protoboard (prototype board). Pada dasarnya breadboard adalah board yang digunakan untuk membuat rangkaian elektronik tanpa harus merepotkan pengguna untuk menyolder. Biasanya papan breadboard ini digunakan untuk membuat rangkaian elektronik sementara untuk tujuan uji coba atau model.

Kabel Jumper

Kabel jumper adalah komponen penting dalam pengembangan prototipe elektronik, terdiri dari kabel konduktor dengan konektor di kedua ujungnya, tersedia dalam konfigurasi male-to-male, female-to-female, atau male-to-female, memungkinkan koneksi cepat dan fleksibel antar komponen pada breadboard atau dengan pin header mikrocontroller seperti Arduino atau ESP32, tanpa memerlukan solder, sehingga memfasilitasi iterasi desain yang cepat dan pengujian rangkaian dalam pengembangan proyek IoT dan elektronika (Supriyanto et al., 2023).

IR Sensor (Infra Red Sensor)

IR Sensor adalah gadget listrik yang mengukur jarak, mendeteksi objek, atau mengenali gerakan menggunakan radiasi inframerah. sensor yang banyak digunakan dalam inframerah digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti kendali jarak jauh, sistem keamanan, dan pengukuran peralatan putaran per menit (RPM). Beberapa kategorinya yaitu (PIR) Aktif dan (PIR) Pasif. PIR Aktif mengirim dan menerima sinyal infra merah secara independen. Sensor jarak, misalnya. Pasif (PIR) menemukan sesuatu dengan mendeteksi radiasi infra merahnya (biasanya digunakan untuk deteksi gerakan). radiasi (biasanya digunakan untuk deteksi gerakan).

Perangkat Blynk

BLYNK adalah *platform* untuk aplikasi *OS Mobile* (iOS dan Android) yang bertujuan untuk kendali module Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, WEMOS D1, dan module sejenisnya melalui Internet. Aplikasi Blynk memiliki 3 bagian mendasar yaitu Aplikasi, Server dan *Library*. Kemampuan server Blynk untuk menangani semua pertukaran antara ponsel dan peralatan. *Gadget* yang tersedia di Blynk termasuk Tombol, Presentasi Nilai, Bagan Sejarah, Twitter, dan Email. Blynk tidak melekat pada beberapa jenis mikrokontroler namun harus didukung oleh peralatan yang dipilih. NodeMCU dikendalikan dengan Web melalui *Wi-Fi*, *chip* ESP8266, Blynk akan dibawa ke web dan dipersiapkan untuk *Internet of Things*.

3. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Dalam perancangan sistem penjadwalan otomatis perawatan dan perbaikan pada *main engine*, NodeMCU ESP32 yang beroperasi pada daya 3.3V digunakan sebagai inti pemrosesan data. Sistem ini diberi pasokan daya 5V DC sebagai sumber energinya. NodeMCU ESP32 bertindak sebagai pusat pengolahan dan pengumpulan data suhu, yang selanjutnya data tersebut dikirimkan ke perangkat Hp atau komputer pengguna melalui aplikasi Blynk sebagai antarmuka outputnya.

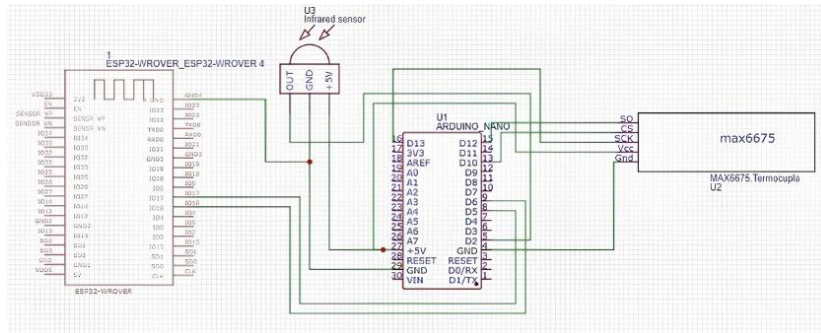
Perancangan Sistem

Rancangan sistem dalam penelitian ini mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk pengumpulan dan analisis data lingkungan secara real-time. Sistem ini terdiri dari sensor Thermocouple dan IR sensor yang terhubung ke mikrokontroler ESP32, yang berfungsi sebagai unit pemrosesan utama. ESP32 dikonfigurasi untuk mengumpulkan data suhu dan kelembaban secara periodik, memproses informasi tersebut, dan mengirimkannya ke server cloud melalui koneksi nirkabel. Arsitektur sistem dirancang dengan mempertimbangkan efisiensi energi, keandalan transmisi data, dan skalabilitas untuk penambahan sensor di masa depan. Interface pengguna berbasis web dikembangkan untuk memvisualisasikan data dan memungkinkan pemantauan jarak jauh. Keseluruhan perancangan sistem ini bertujuan untuk menyediakan platform yang handal dan fleksibel untuk monitoring lingkungan, dengan potensi aplikasi yang luas di berbagai sektor seperti pertanian presisi, manajemen energi bangunan, dan pemantauan kualitas udara.

Perancangan Alat

Wiring Diagram Perancangan Alat

Wiring diagram perancangan alat merupakan hubungan antara berbagai komponen dalam suatu sistem menggunakan gambar dan garis standar. yang biasanya digunakan untuk menggambarkan bagaimana komponen diagram ini membantu dalam pemecahan masalah, desain, proses perakitan alat dengan efisien dan rapi. Sesuai dengan penjelasan diatas bisa dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 1. Wiring Diagram Perancangan Alat

Alat Perancangan

Dalam perancangan alat ini bisa dilihat seperti blok diagram yang mencakup alat dan komponen sebagai berikut:

a. Komponen Utama :

- 1). ESP32
- 2). Arduino Nano
- 3). Kabel Jumper
- 4). Breadboard
- 5). Lampu LED (Merah, Kuning, Hijau)
- 6). IR Sensor
- 7). Thermocouple
- 8). Resistor

b. Komponen Pendukung :

- 1). Project Box
- 2). Power Supply 24 Volt
- 3). Bracket Motor DC
- 4). Motor DC 12V
- 5). DC Motor Speed Controller

Rencana Pengujian

Penulis menggunakan pendekatan dalam metodologi penelitian dengan membutuhkan faktor uji. Dalam hal ini, faktor uji adalah perangkat pengukur suhu thermocouple dan sensor RPM (IR Sensor) sebagai pengukur RPM. *Main engine* diukur menggunakan sensor thermocouple dan IR Sensor. Sementara pemantauan melalui Blynk menggunakan ESP32 sebagai server atau pemrosesan data.

Prosedur uji coba dilakukan dengan menggunakan Motor DC sebagai simulasi *main engine*, yang akan diuji selama satu hingga sepuluh menit dalam keadaan normal dan lima menit saat Motor DC terasa hangat hingga panas. Setiap pengujian akan dikalibrasi dengan mematikan daya alat. Untuk pengujian kedua, yaitu selama sepuluh menit dalam keadaan normal hingga ke panas. Setiap pengujian akan dikalibrasi dengan mematikan daya alat. Pemantauan akan terus berlangsung hingga indikator atau parameter di aplikasi Blynk memberi notifikasi untuk segera melakukan perawatan dan perbaikan.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

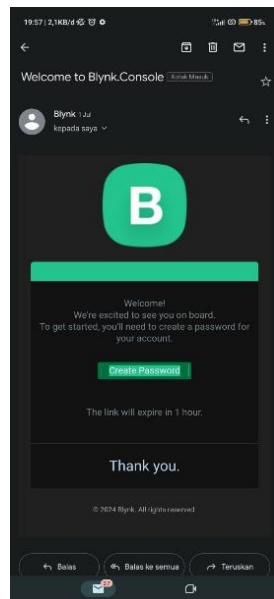
Pengujian ESP32

Pengujian dilakukan secara langsung pada ESP32 seperti yang terlihat pada gambar 4.1 untuk memastikan ESP32 dapat digunakan sebagai *cloud server*. Sebelum menghubungkan ke hp, ESP32 perlu diberi *coding* menggunakan *software* Arduino Uno kemudian *upload coding* tersebut ke ESP32.

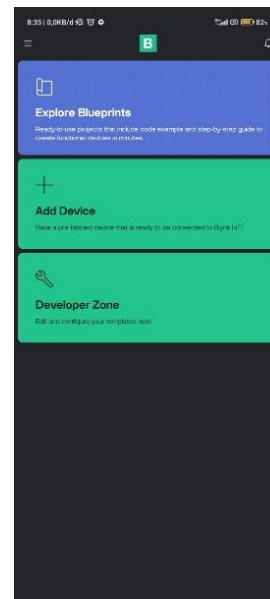
Setelah *upload coding* ke ESP32, lalu siapkan *hotspot* hp agar bisa terhubung dengan ESP32 melalui jaringan *internet* kemudian cocokkan username dan password di hp maupun di ESP32. Setelah dilakukan pengujian ini maka ESP32 dapat digunakan sebagai *cloud server*.



(1)



(3)



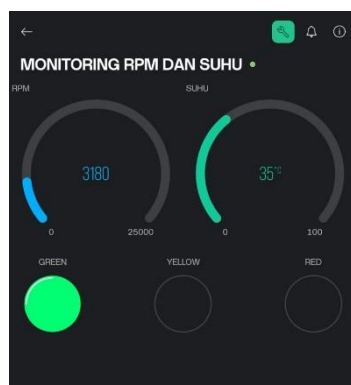
(4)

Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 3. Pendaftaran Blynk (1) Log In (2) Pendaftaran Akun (3) Verifikasi Akun (4) Tampilan Awal

Pengujian Thermocouple

Pengujian pada thermocouple dengan cara menempatkan *hot junction* atau ujung thermocouple ditempat yang akan diukur. Pastikan thermocouple sudah terhubung atau terpasang dengan ESP32 di *breadboard* menggunakan kabel *jumper*. Kemudian ESP32 akan menampilkan data yang diterima dari thermocouple berupa suhu panas melalui Blynk seperti gambar berikut.



(1)



(2)



(3)

Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 4. Pengujian Thermocouple (1) Status Normal (2) Status Perhatian (3) Status Kritis

Pengujian dilakukan pada sistem monitoring RPM dan suhu, kemungkinan besar untuk mesin kapal. Sistem ini memantau dua parameter utama: RPM (putaran per menit) dan suhu dalam derajat Celsius. Sistem juga dilengkapi dengan indikator status berupa lampu berwarna (hijau, kuning, merah) yang menunjukkan tingkat kekritisan kondisi mesin. Hasil pengujian Thermocouple pada Motor DC seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Thermocouple dan RPM

NO	MENIT	SUHU (°C)	RPM	STATUS
1.	1 menit	26	24.500	Normal
2.	5 menit	45	24.500	Perhatian
3.	10 menit	52	24.500	Kritis

Sumber: Dokumen Pribadi

Hasil komunikasi serial ESP32 dengan Arduino Nano

Dengan menghubungkan pin RX (16) ESP32 ke pin TX (D1) Arduino Nano, kemudian TX (17) ESP32 ke pin RX (D0) Arduino Nano, lalu pin *Ground* (GND) ESP32 ke pin *Ground* (GND) Arduino Nano. Kemudian *upload* kode ke board ESP32 dan Arduino Nano seperti yang terlihat pada gambar 5 dan 6.

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <GyverMAX6675.h>

#define CLK_PIN 13 // Pin SCK (Serial Clock)
#define DATA_PIN 12 // Pin SO (Serial Output)
#define CS_PIN 10 // Pin CS (Chip Select)CS

#define rxPin 5 // RX
#define txPin 6 // TX
SoftwareSerial ArduinoUno(rxPin, txPin);

// Menentukan pin dalam urutan SCK, SO, CS
GyverMAX6675<CLK_PIN, DATA_PIN, CS_PIN> sens;

const int IR_PIN = 2; // IR sensor input pin

volatile unsigned int counter = 0; // Counter variable for revolutions
unsigned long previousMillis = 0; // Variable to store previous time
unsigned int rpm; // Variable to store RPM value
float suhu;
const int ledGreenPin = 9;
const int ledYellowPin = 8;
const int ledRedPin = 7;
int green,yellow,red;
String ledStatus = "";

void IRinterrupt() {
  counter++;
}
```

Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 5. Kode Arduino Nano

```
#define BLYNK_PRINT Serial

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL66hkBDw01"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "MONITORING RPM DAN SUHU"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "q0TAn54EngQgMldKx7M4BPiPKGkcJxey"

#include <SoftwareSerial.h>
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

char ssid[] = "Ty";
char pass[] = "sanggar12334";

#define rxPin 16 // RX2
#define txPin 17 // TX2
SoftwareSerial NodeMCU(rxPin, txPin);

unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 3000;
String arrayData[5];

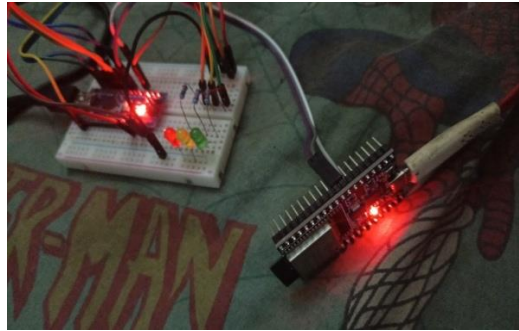
void setup() {

  Serial.begin(115200);
  NodeMCU.begin(9600);
  pinMode(rxPin, INPUT);
  pinMode(txPin, OUTPUT);
  Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);
}
```

Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 6. Kode ESP32

Seperti pada gambar 7 lampu indikator antara ESP32 dan Arduino Nano menyala. Menunjukkan bahwa komunikasi serial antara ESP32 dan Arduino Nano berhasil dan siap untuk digunakan.



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 7. Komunikasi serial antara ESP32 dan Arduino Nano

Hasil Pin *Mapping* Perancangan Alat ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pin Mapping

ESP32	Arduino Nano
RX (16)	TX (D1)
TX (17)	RX (D0)
GND	GND

Sumber: Dokumen Pribadi

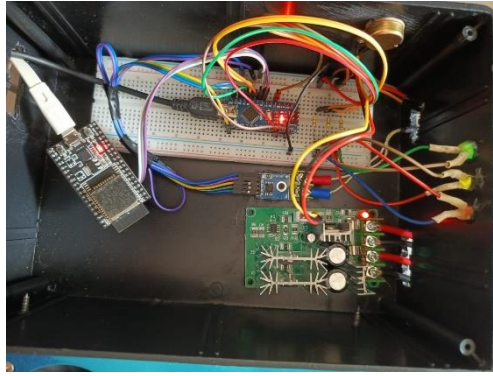
Hasil Pengujian Alat

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja keseluruhan dari alat yang telah dikembangkan. Tujuan utama dari pengujian ini adalah memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik. Untuk menentukan apakah sistem berfungsi atau tidak, sensor-sensor diuji dalam kondisi yang menyerupai keadaan sebenarnya.



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 8. Alat Tampak Luar



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 9. Alat Tampak Dalam

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan bahwa keseluruhan sistem dapat bekerja dengan baik untuk monitoring kinerja main engine kapal berbasis IoT. Dengan melakukan pengujian pada sensor-sensor yang ada, apakah menerima inputan data kinerja mesin yang telah dirancang dan data tersebut akan diterima oleh mikrokontroler untuk diolah sehingga informasi dapat ditampilkan pada layar serta memberikan notifikasi jika ada parameter yang tidak sesuai. Hasil keseluruhan alat dan komponen alat bisa dilihat pada gambar 8 dan 9 di atas.

Tampilan Data

Pada penelitian ini, data yang dihasilkan dari sistem monitoring kinerja main engine kapal akan disajikan. Data yang ditampilkan mencakup hasil pengukuran dari sensor RPM (IR Sensor) dan sensor suhu (Thermocoupe). Sensor RPM mengukur kecepatan putaran mesin, sementara sensor suhu mengukur suhu mesin. Data ini penting untuk memahami kondisi operasi mesin dan untuk melakukan pemeliharaan yang tepat.

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran dan perbandingan antara IR Sensor dengan Tachometer yang diambil pada interval waktu tertentu.

Tabel 3. Hasil pengukuran dan perbandingan data RPM

No	IR Sensor (RPM)	Tachometer (RPM)	Selisih (RPM)	Persentase Error (%)
1	900	892	8	0.89
2	894	891	3	0.34
3	708	700	8	1.13
4	900	892	8	0.89
5	804	800	4	0.50
6	860	855	5	0.58
7	870	865	5	0.57
8	880	875	5	0.57
9	810	805	5	0.62
10	820	815	5	0.61
Rata-rata	844.6	839.0	5.6	0.66%

Sumber : Dokumen Pribadi

Kemudian tabel dibawah menunjukkan hasil pengukuran dan perbandingan antara Thermocouple dengan Thermostat yang diambil pada saat alat mulai hingga selesai. Terlihat pada tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 4. Hasil pengukuran dan perbandingan data suhu saat on

No	Thermocouple (°C)	Thermostat (°C)	Selisih (°C)	Persentase Error (%)
1	32	36.8	4.8	15.0
2	34	38.8	4.8	14.1
3	35	40.6	5.6	16.0
4	36	42.2	6.2	17.2
5	38	42.6	4.6	12.1
6	39	43.0	4.0	10.3
7	40	43.4	3.4	8.5
8	41	43.8	2.8	6.8
9	42	44.0	2.0	4.8
10	43	44.4	1.4	3.3
Rata-rata	37.0	41.36	3.96	10.7%

Sumber: Dokumen Pribadi

Tabel 1. Hasil pengukuran dan perbandingan data suhu saat off

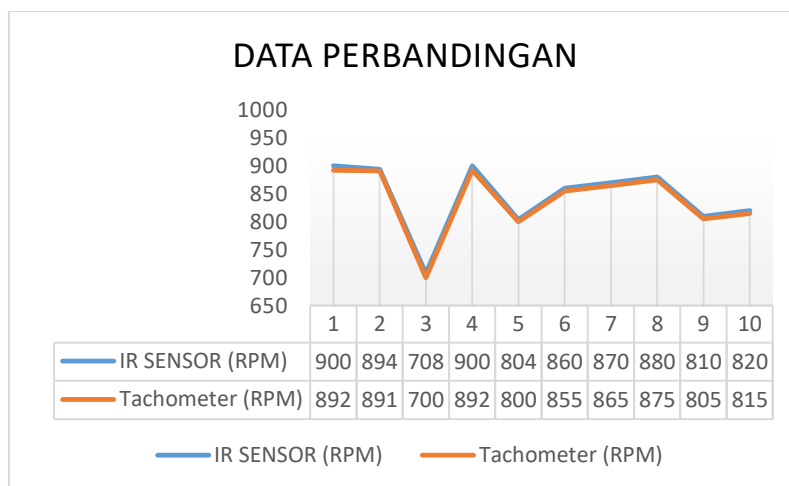
No	Thermocouple (°C)	Thermostat (°C)	Selisih (°C)	Persentase Error (%)
1	38	42.8	4.8	12.6
2	38	42.6	4.6	12.1
3	39	42.1	3.1	7.9
4	39	41.5	2.5	6.4
5	39	40.9	1.9	4.9
6	40	40.6	0.6	1.5
7	40	40.3	0.3	0.8
8	40	40.1	0.1	0.3
9	40	40.0	0.0	0.0
10	40	39.8	0.2	0.5
Rata-rata	39.2	41.27	2.2	5.6%

Sumber : Dokumen Pribadi

Analisis Data

Pada Analisa Data akan dipaparkan analisis komprehensif terhadap data yang diperoleh dari sistem monitoring kinerja main engine kapal berbasis IoT. Analisis ini mencakup hasil pengukuran RPM menggunakan IR Sensor dan pengukuran suhu menggunakan Thermocouple, serta perbandingannya dengan alat ukur konvensional yaitu Tachometer dan Thermostat. Data yang disajikan meliputi pengukuran dalam kondisi mesin menyala (ON) dan mati (OFF), yang bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang kinerja sistem monitoring dalam berbagai kondisi operasional.

1) Analisis Data Pengukuran RPM

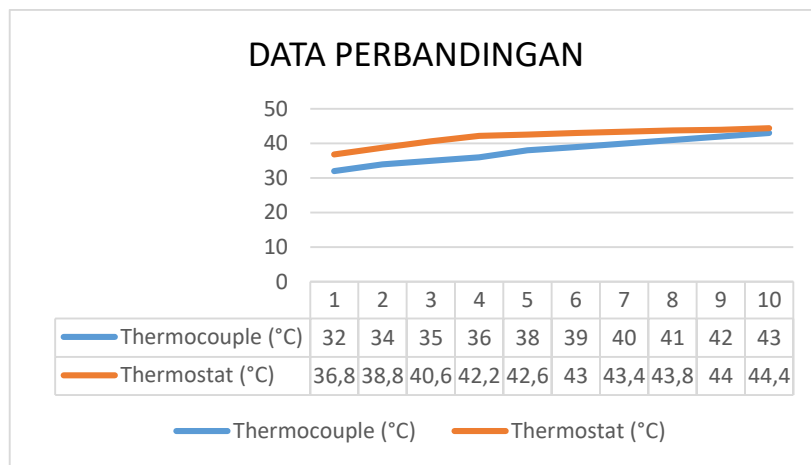


Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 10. Grafik Perbandingan Pengukuran RPM

Berdasarkan hasil pengujian kinerja sistem monitoring RPM, dilakukan sepuluh kali pengujian dengan perbandingan hasil pembacaan antara sensor IR dan Tachometer. Rata-rata pembacaan RPM pada sensor IR adalah 844,6 RPM, sementara rata-rata pembacaan pada Tachometer adalah 839,0 RPM. Selisih rata-rata antara kedua perangkat tersebut adalah 5,6 RPM, dengan persentase error sebesar 0,66%. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa sensor IR memiliki akurasi yang cukup tinggi dalam memonitor kecepatan putaran mesin dibandingkan dengan Tachometer konvensional, dengan perbedaan yang sangat kecil dalam setiap pengujian.

2) Analisis Data Pengukuran Suhu Ketika Alat ON

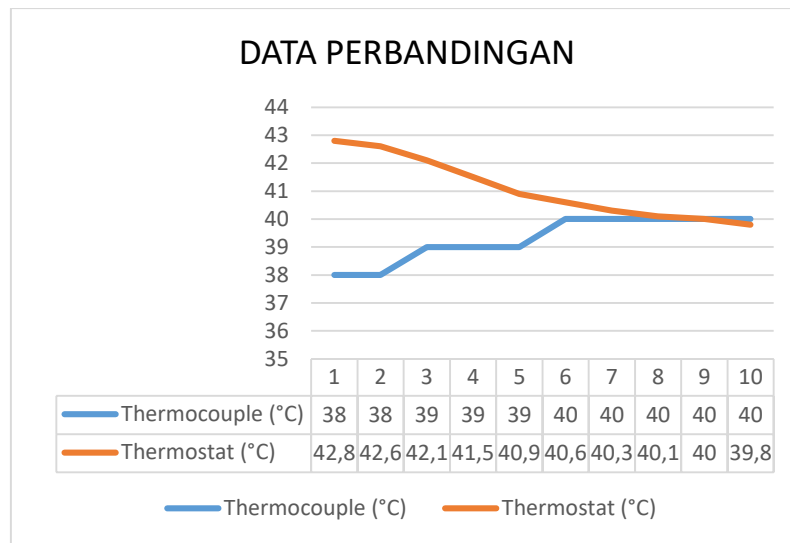


Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 11. Grafik Perbandingan Pengukuran Suhu Ketika Alat ON

Berdasarkan hasil pengujian kinerja sistem monitoring suhu saat alat berada dalam kondisi "On," sepuluh kali pengukuran dilakukan dengan perbandingan hasil antara Thermocouple dan Thermostat. Rata-rata suhu yang terdeteksi oleh Thermocouple adalah 37,0°C, sedangkan rata-rata suhu pada Thermostat adalah 41,36°C. Selisih rata-rata antara kedua perangkat tersebut adalah 3,96°C, dengan persentase error sebesar 10,7%. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa Thermocouple menunjukkan adanya variasi yang lebih besar dibandingkan dengan Thermostat dalam pengukuran suhu, menunjukkan adanya perbedaan respons antara kedua sensor tersebut dalam mendeteksi perubahan suhu saat alat aktif.

3) Analisis Data Pengukuran Suhu Ketika alat OFF



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 12. Grafik Perbandingan Pengukuran Suhu Ketika Alat OFF

Saat alat berada dalam kondisi "Off," pengujian kinerja sistem monitoring suhu kembali dilakukan sepuluh kali dengan menggunakan Thermocouple dan Thermostat. Rata-rata suhu yang terdeteksi oleh Thermocouple adalah $39,2^{\circ}\text{C}$, sementara rata-rata suhu pada Thermostat adalah $41,27^{\circ}\text{C}$. Selisih rata-rata antara kedua perangkat tersebut adalah $2,2^{\circ}\text{C}$, dengan persentase error sebesar 5,6%. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa Thermocouple dan Thermostat memiliki perbedaan yang lebih kecil dalam pengukuran suhu ketika alat tidak aktif, menunjukkan bahwa faktor-faktor eksternal atau kondisi lingkungan dapat lebih mempengaruhi pengukuran saat alat dalam keadaan aktif dibandingkan saat tidak aktif.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai Rancang Bangun Sistem Monitoring Kinerja Main Engine Kapal Berbasis IoT, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Kinerja hasil pengujian sistem monitoring menunjukkan bahwa sensor Thermocouple dan IR Sensor mampu mengukur suhu dan RPM main engine dengan akurat. Sensor Thermocouple berhasil mendeteksi suhu main engine dengan presisi tinggi, sementara IR Sensor efektif dalam mengukur RPM. Data dari kedua sensor ini diproses oleh

ESP32 dan dikirimkan ke server cloud Blynk secara real-time, memungkinkan pemantauan kinerja main engine secara kontinyu.

- 2) Sistem monitoring yang dirancang berhasil memberikan informasi real-time tentang kondisi operasional main engine. Dengan memantau parameter-parameter kritis seperti suhu dan RPM secara terus-menerus, sistem ini dapat mengidentifikasi tren kinerja dan potensi masalah pada main engine. Hal ini memungkinkan operator untuk mengambil tindakan preventif sebelum terjadi gangguan serius, sehingga meningkatkan keandalan operasional kapal.
- 3) Implementasi teknologi IoT dalam sistem monitoring ini meningkatkan efisiensi dalam pengumpulan dan analisis data kinerja main engine. Data yang diperoleh secara real-time memungkinkan analisis yang lebih mendalam tentang performa mesin, membantu dalam optimalisasi operasional dan perencanaan perawatan yang lebih efektif. Kemampuan pemantauan jarak jauh juga memberikan fleksibilitas dalam pengelolaan kinerja main engine, terutama untuk kapal-kapal yang beroperasi di laut lepas.

Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa sistem monitoring kinerja main engine kapal berbasis IoT dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi operasional, keandalan, dan keselamatan kapal dalam industri pelayaran.

Saran

Sistem Berdasarkan hasil penelitian Rancang Bangun Sistem Monitoring Kinerja Main Engine Kapal Berbasis IoT, berikut adalah saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut:

- 1) Menggunakan sensor suhu yang lebih canggih dan presisi, seperti Thermocouple K type Bayonet WRNT-01, untuk meningkatkan akurasi pemantauan kondisi termal main engine. Hal ini akan memungkinkan deteksi perubahan suhu yang lebih halus dan analisis kinerja yang lebih mendalam.
- 2) Menerapkan sensor RPM yang lebih sensitif dan tahan lama untuk menjamin konsistensi dan akurasi pengukuran RPM main engine dalam berbagai kondisi operasional, termasuk dalam situasi beban tinggi atau lingkungan yang ekstrem.
- 3) Meningkatkan kapabilitas perangkat lunak untuk pengolahan dan transmisi data, dengan fokus pada optimalisasi algoritma dan protokol komunikasi. Ini akan meningkatkan kecepatan dan efisiensi dalam pengolahan dan pengiriman data ke server cloud.

- 4) Mengembangkan sistem peringatan dini yang lebih komprehensif, yang dapat mengidentifikasi dan memberitahukan tren kinerja yang berpotensi mengarah pada masalah serius. Sistem ini dapat mencakup analisis prediktif untuk mengantisipasi potensi masalah sebelum terjadi.
- 5) Merancang antarmuka pengguna yang lebih intuitif dan informatif, memungkinkan operator dan teknisi untuk dengan mudah memantau dan menganalisis data kinerja main engine melalui berbagai perangkat, termasuk smartphone dan tablet.
- 6) Menambahkan kemampuan machine learning untuk meningkatkan akurasi dalam mengidentifikasi pola kinerja abnormal dan memberikan rekomendasi untuk optimalisasi operasional.

Dengan implementasi saran-saran ini, diharapkan sistem monitoring kinerja main engine kapal berbasis IoT dapat lebih optimal dalam memberikan informasi yang akurat dan tepat waktu, mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik, dan meningkatkan efisiensi serta keandalan operasional kapal secara keseluruhan.

REFERENSI

- Anantharaman, M., Garaniya, V., Khan, F., & Lewarn, B. (2023). Reliability analysis of marine main engine fuel oil system components: A data-driven approach. *Reliability Engineering & System Safety*, 230, 108944. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108944>
- Bae, C., Kim, J., & Bae, S. H. (2021). Recent advances in internal combustion engine technologies for maritime transport. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(2), 166. <https://doi.org/10.3390/jmse9020166>
- Cahyono, E., & Wibowo, A. (2020). Perancangan sistem monitoring dan kontrol jarak jauh untuk mesin kapal menggunakan teknologi IoT. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(3), 155-167.
- Dhimas, A. P. (2022). *Rancang bangun sistem pendinginan mesin penggerak utama di kapal* (Doctoral dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang).
- Firdaus, M., & Rahardjo, S. (2021). Aplikasi kecerdasan buatan untuk prediksi kerusakan mesin induk kapal. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(2), 78-90.
- Geertsma, R. D., Negenborn, R. R., Visser, K., Loonstijn, M. A., & Hopman, J. J. (2022). Pitch control for ships with diesel-mechanical and hybrid propulsion: Modelling, validation and performance quantification. *Applied Energy*, 306, 118012. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118012>
- Hidayat, T., & Suhartono, D. (2022). Pengembangan model penjadwalan perawatan preventif mesin kapal dengan algoritma genetika. *Jurnal Teknik Industri*, 24(1), 33-45.

- Pratama, R. A., Susanto, E., & Wibowo, A. (2023). Rancang bangun sistem kendali otomatis untuk optimalisasi konsumsi energi pada bangunan menggunakan Arduino. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 11(2), 78-89.
- Supriyanto, A., Hidayat, R., & Suhardi, D. (2022). Pengembangan prototipe alat ukur kualitas air berbasis Arduino dan sensor array. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 22(1), 1-10.
- Theotokatos, G., Pesiridis, A., Habib, A., Chryssakis, C., & Giannakopoulou, G. (2020). Parametric investigation of a large marine two-stroke dual fuel engine. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(3), 200. <https://doi.org/10.3390/jmse8030200>