



SITOPIT (Sistem Tongkat Pintar Termonitor) di Kapal Penumpang untuk Meningkatkan Pelayanan Penyandang Tunanetra

Modang Sudiro¹, Diana Alia², Shofa Dai Robbi³

¹Program Studi Elektro Pelayaran, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia
modangsudiro72@gmail.com

²Program Studi Elektro Pelayaran, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia
diana.alia@poltekpel-sby.ac.id

³Program Studi Elektro Pelayaran, Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Corresponding Author: modangsudiro72@gmail.com¹

Abstract: *Visually impaired passengers require an assistive device that is safe and comfortable when traveling on passenger ships. This study aims to develop SITOPIT (Smart Monitored Cane System), which is equipped with ultrasonic sensors, RFID, a panic button, audio warnings, and a monitoring system based on MQTT and Node-RED. The results showed that the system was successfully designed and implemented using an ESP32, Arduino Nano, ultrasonic sensors, RFID MFRC522, TCRT5000 line-tracking sensor, and DFPlayer Mini. Based on the testing results, all system features, including obstacle detection, location identification, directional guidance, panic button, and audio warnings, functioned properly. The test results showed that the ultrasonic sensor had an average error of 1.27%, while the INA219 had an average error of 0.05%. The RFID achieved a 100% success rate with a response time of 1–5 seconds, and the TCRT5000 also achieved a 100% success rate. The panic button and DFPlayer functioned properly. Testing in five ship areas achieved a 100% success rate, indicating that all SITOPIT features operated as designed. Therefore, it can be concluded that SITOPIT operated in accordance with the research objectives and is feasible for use.*

Keyword: *visually impaired, smart cane, real-time monitoring, MQTT, passenger ship.*

Abstrak: Penyandang tunanetra memerlukan alat bantu yang aman dan nyaman saat berada di kapal penumpang. Penelitian ini bertujuan mengembangkan SITOPIT (Sistem Tongkat Pintar Termonitor) yang dilengkapi sensor ultrasonik, RFID, tombol panik, *audio* peringatan, dan sistem *monitoring* berbasis MQTT serta Node-RED. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil dirancang dan direalisasikan menggunakan ESP32, Arduino Nano, sensor ultrasonik, RFID MFRC522, sensor jalur TCRT5000, dan DFPlayer *Mini*. Berdasarkan pengujian, seluruh fitur, meliputi deteksi halangan, identifikasi lokasi, panduan arah, tombol panik, dan *audio* peringatan, berfungsi dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan sensor ultrasonik memiliki *error* rata-rata 1,27%, INA219 sebesar 0,05%, RFID berhasil 100% dengan respons 1–5 detik, TCRT5000 berhasil 100%, serta tombol panik dan DFPlayer berfungsi sesuai. Pengujian pada 5 area kapal juga berhasil 100%, sehingga seluruh fitur SITOPIT bekerja

sesuai rancangan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa SITOPIT telah bekerja sesuai dengan tujuan penelitian dan layak untuk digunakan.

Kata Kunci: Tunanetra, tongkat cerdas, pengawasan *real-time*, MQTT, kapal laut.

PENDAHULUAN

Penyandang disabilitas memerlukan fasilitas khusus di area-area transportasi, salah satunya kapal penumpang. Salah satu difabel yang membutuhkan perhatian adalah penyandang Tunanetra. Selama ini mereka menggunakan tongkat lipat biasa untuk memandu dan mengetahui arah jalan dan halangan. Diperlukan sarana bantu yang lebih bermanfaat dan aman bagi penyandang Tunanetra.

Berdasarkan dari lima citra manusia perhubungan nomor dua yang berbunyi Tanggap terhadap kebutuhan masyarakat akan pelayanan jasa yang tertib, teratur, tepat waktu, bersih dan nyaman. nomor lima yang berbunyi Tanggung Jawab terhadap keselamatan dan keamanan jasa perhubungan (DISHUB ACEH, n.d.). Kedua poin itu yang menjadi salah satu aspek pembuatan penelitian ini dan sebagai bentuk implementasi dari lima citra manusia perhubungan.

Selain untuk kepentingan penyandang Tunanetra juga pihak pengelola kapal perlu dapat memantau keadaan penyandang disabilitas ini supaya bisa diantisipasi jika terjadi potensi bahaya karena berada di area berbahaya. Contohnya ketika penumpang berada di area terbuka kapal atau area yang berdekatan dengan tepian kapal.

Berdasarkan latar belakang dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka dari itu perlu dikembangkan suatu alat dan sistem yang termonitor untuk membantu penyandang Tunanetra supaya bisa mendapat info secara *audio* dan dapat dimonitor secara *real time* oleh pengelola kapal. Sistem ini juga diharapkan dapat memberi informasi kepada penyandang Tunanetra posisi toilet pria atau wanita sehingga tidak terjadi kekeliruan ketika mengakses area ini.

METODE

Jenis penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian dengan Riset dan Pengembangan (*Research and Development*) yang bertujuan untuk mengembangkan atau merancang suatu produk atau alat baru yang lebih baik daripada alat yang sudah ada sebelumnya yang memiliki manfaat dan kepraktisan. Penelitian dibuat dengan membuat suatu prototipe. Alat yang dirancang akan diuji dan dievaluasi untuk memastikan bahwa alat telah memenuhi kebutuhan sesuai dengan perencanaan yang diharapkan pada saat perancangan dilakukan. Penelitian yang akan dibuat memiliki ciri-ciri penelitian Riset dan Pengembangan yaitu:

- a) Menghasilkan prototipe produk yaitu suatu tongkat Tunanetra cerdas yang termonitor secara *online* di Kapal Penumpang
- b) Memiliki tahapan pengembangan, seperti analisis kebutuhan, desain, implementasi

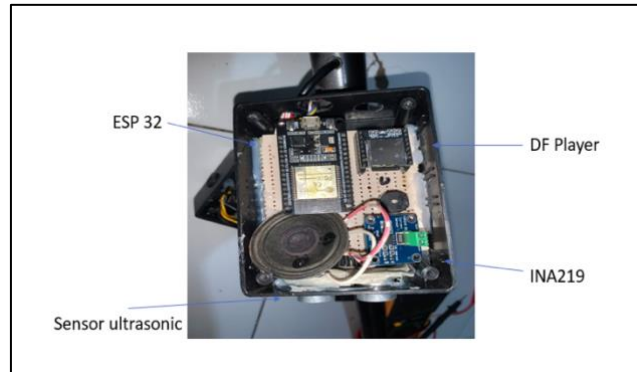
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan

Hardware

Rancangan hardware memuat komponen utama sebagai pusat kontrol, sensor sebagai masukan, aktuator sebagai keluaran, modul komunikasi, serta catu daya yang mendukung keseluruhan sistem. Berikut rancangan hardware pada sistem SITOPIT:

A. Rangkaian atas

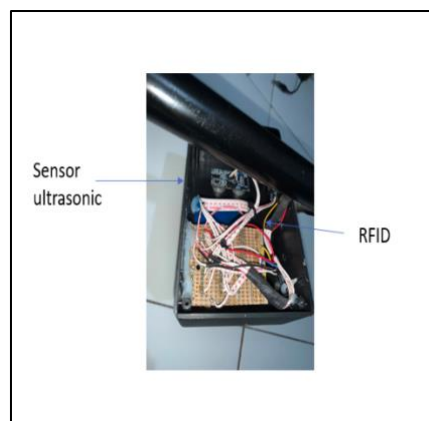


Gambar 1. Rangkaian Atas

Sumber: dokumentasi penelitian

Gambar 1. Rangkaian Elektronik SITOPIT memperlihatkan susunan komponen utama yang berada di dalam kotak kontrol tongkat pintar. ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama yang memproses data dari seluruh sensor sekaligus mengirimkan informasi ke sistem monitoring melalui MQTT. DFPlayer Mini digunakan untuk memutar suara peringatan dan informasi lokasi kepada pengguna melalui speaker. Sensor INA219 berfungsi memantau tegangan Baterai sehingga kondisi daya alat dapat diketahui secara real-time. Selain itu, sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi adanya halangan. Seluruh komponen dirancang secara terintegrasi untuk mendukung fungsi navigasi, pemantauan, dan keselamatan penyandang tunanetra saat berada di kapal penumpang.

B. Rangkaian bawah

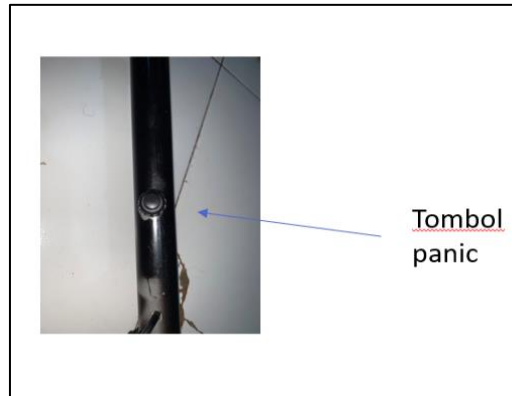


Gambar 2. Rangkaian Bawah

Sumber: dokumentasi penelitian

Gambar 2. Rangkaian Sensor Ultrasonik dan RFID pada SITOPIT menunjukkan susunan komponen pendukung yang berfungsi sebagai sistem deteksi dan identifikasi lokasi. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan halangan di sekitar pengguna sehingga sistem dapat memberikan peringatan suara apabila terdapat objek yang menghambat jalur. Sementara itu, modul RFID berfungsi membaca Tag RFID yang dipasang pada titik-titik tertentu di kapal, seperti pintu ruangan atau fasilitas umum. Informasi dari Tag RFID kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk memberikan informasi lokasi kepada pengguna melalui suara serta dikirimkan ke dashboard monitoring. Integrasi kedua komponen ini memungkinkan sistem SITOPIT memberikan bantuan navigasi yang lebih aman dan akurat bagi penyandang tunanetra di lingkungan kapal penumpang.

C. Rangkaian Tengah



Gambar 3. Rangkaian Tengah
Sumber: dokumentasi penelitian

Gambar 3. Tombol Panik (Panic Button) pada SITOPIT menunjukkan tombol darurat yang dipasang pada bagian tongkat pintar agar mudah dijangkau oleh pengguna. Tombol panik berfungsi untuk mengirimkan sinyal darurat ke sistem monitoring ketika pengguna berada dalam kondisi yang membutuhkan bantuan. Setelah tombol ditekan, status darurat akan ditampilkan pada dashboard monitoring secara real-time, sehingga petugas kapal dapat segera mengetahui adanya keadaan darurat dan memberikan bantuan secepat mungkin.

Software

A. Inisialisasi library dan konfigurasi sistem

```
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include <NTPClient.h>
```

Gambar 4. inisialisasi library
Sumber: dokumentasi pribadi

Gambar 4. merupakan Tahap awal program ESP32 dilakukan dengan memanggil library yang dibutuhkan. Library Wire.h digunakan untuk komunikasi I2C dengan INA219, Wi-Fi.h digunakan untuk koneksi jaringan, PubSubClient.h digunakan untuk komunikasi MQTT, sedangkan NTPClient.h digunakan untuk memperoleh data waktu. Dengan susunan library tersebut, ESP32 dapat membaca tegangan Baterai, mengirim data sensor ke Node-RED, serta menampilkan status alat secara real time.

```
HardwareSerial nanoSerial(2);
#define NANO_RX 16
#define NANO_TX -1

HardwareSerial mp3Serial(1);
#define DFPLAYER_RX 13
#define DFPLAYER_TX 12

const int trigPin = 18;
const int echoPin = 19;
const int buttonPin = 5;
const int buzzerPin = 4;
```

Gambar 5. konfigurasi pin
Sumber: dokumentasi pribadi

Konfigurasi pin juga dilakukan pada bagian awal program. UART2 digunakan untuk menerima data jarak dari Arduino Nano melalui GPIO16, sedangkan UART1 digunakan untuk komunikasi dengan DFPlayer Mini melalui GPIO13 dan GPIO12. Sensor ultrasonik ESP32 menggunakan GPIO18 sebagai trigger dan GPIO19 sebagai echo. Tombol panik dipasang pada GPIO5, sedangkan buzzer dipasang pada GPIO4.

B. Konfigurasi Wi-Fi, MQTT, dan Topic Monitoring

```
const char* ssid = "terserah";
const char* password = "1213141516";
const char* mqtt_server = "172.20.10.2";
const char* mqtt_topic = "sensor/ultrasonic_received";
const char* mqtt_voltage_topic = "sensor/voltage_received";
const char* mqtt_alert_topic = "sensor/alert_received";
const char* mqtt_posisi_topic = "sensor/tujuan_received";
const char* mqtt_warning_topic = "sensor/warning_jarak";
const char* mqtt_jarak_nano_topic = "sensor/jarak_nano";
```

Gambar 6. konfigurasi Wi-Fi, MQTT dan topic monitoring

Sumber: Dokumentasi Pribadi

ESP32 dikonfigurasi agar dapat tersambung ke jaringan Wi-Fi dan MQTT broker. MQTT digunakan sebagai jalur pengiriman data menuju Node-RED. Setiap jenis data dibuat pada topic berbeda supaya dashboard lebih mudah membaca nilai jarak, tegangan Baterai, status tombol panik, posisi lokasi, waktu, dan peringatan gabungan jarak.

```
void reconnectMQTT() {
  while (!client.connected()) {
    if (client.connect("ESP32Client")) {
      client.subscribe(mqtt_received_time_topic);
      client.subscribe(mqtt_posisi_topic);
      client.publish(mqtt_status, "Online");
    } else {
      delay(5000);
    }
  }
}
```

Gambar 7. program MQTT ke esp 32

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Fungsi reconnectMQTT() digunakan agar ESP32 dapat menyambung kembali ketika koneksi MQTT terputus. Setelah koneksi berhasil, ESP32 melakukan subscribe pada topic tertentu dan mengirim status Online ke dashboard. Hal ini penting karena alat harus tetap dapat dipantau ketika terjadi gangguan koneksi sementara.

C. Pembacaan sensor ultrasonik dan tegangan Baterai

```
float getDistanceCM() {
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  long duration = pulseIn(echoPin, HIGH, 30000);
  if (duration == 0) return 999;
  return duration * 0.034 / 2.0;
}
```

Gambar 8. Program pembacaan sensor ultrasonik ESP32

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Sensor ultrasonik pada ESP32 bekerja dengan mengirim pulsa trigger selama 10 mikrodetik, kemudian membaca durasi pantulan pada pin echo. Durasi tersebut dikonversi menjadi jarak dalam satuan sentimeter. Jika tidak ada pantulan, sistem memberi nilai 999 sebagai tanda jarak sangat jauh atau tidak terbaca.

```
void checkBattery() {  
  float voltage = ina219.getBusVoltage_V();  
  client.publish(mqtt_voltage_topic, String(voltage, 2).c_str());  
}
```

Gambar 9. program pembacaan tegangan Baterai

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pembacaan tegangan Baterai dilakukan menggunakan INA219. Nilai tegangan dikirim ke topic sensor/voltage_received dalam format dua angka di belakang koma. Data ini digunakan untuk mengetahui kondisi daya tingkat saat alat dipakai.

D. Komunikasi ESP 32 dengan Arduino nano

```
if (nanoSerial.available()) {  
  String line = nanoSerial.readStringUntil('\n');  
  line.trim();  
  if (line.startsWith("[JARAK]:")) {  
    jarakNano = line.substring(8).toInt();  
    client.publish(mqtt_jarak_nano_topic, String(jarakNano).c_str());  
  }  
}
```

Gambar 10. komunikasi ESP 32 dengan arduino nano

Arduino Nano mengirim data jarak bawah ke ESP32 melalui komunikasi serial dengan format [JARAK]: nilai. ESP32 membaca data tersebut, mengambil angka jarak, lalu mengirimkannya ke topic.

E. Peringatan jarak jauh dan audio

```
void checkButtonAlert() {  
  if (digitalRead(buttonPin) == LOW) {  
    digitalWrite(buzzerPin, HIGH);  
    client.publish(mqtt_alert_topic, "Peringatan!!");  
  } else {  
    digitalWrite(buzzerPin, LOW);  
    client.publish(mqtt_alert_topic, "Kondisi Aman");  
  }  
}
```

Gambar 11. program logika dan peringatan jarak audio

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Logika peringatan gabungan dibuat dengan membandingkan jarak sensor ESP32 dan jarak sensor Arduino Nano. Jika sensor atas dan bawah sama-sama membaca objek dekat, sistem memberi peringatan AWAS BAHAYA. Jika bagian bawah saja yang dekat, sistem memberi peringatan AWAS BARANG. Jika bagian atas saja yang dekat, sistem memberi peringatan AWAS ORANG.

F. Tombol panik dan identifikasi lokasi

```
void checkButtonAlert() {  
  if (digitalRead(buttonPin) == LOW) {  
    digitalWrite(buzzerPin, HIGH);  
    client.publish(mqtt_alert_topic, "Peringatan!!");  
  } else {  
    digitalWrite(buzzerPin, LOW);  
    client.publish(mqtt_alert_topic, "Kondisi Aman");  
  }  
}
```

Gambar 12. tombol panik dan identifikasi lokasi

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Tombol panik digunakan sebagai fitur darurat. Ketika tombol ditekan, input GPIO5 bernilai LOW, buzzer menyala, dan ESP32 mengirim pesan Peringatan!! ke dashboard. Ketika tombol dilepas, buzzer mati dan status kembali menjadi Kondisi Aman.

G. Inisialisasi Program Arduino Nano

```
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define RST_PIN 9
#define SS_PIN 10
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);
#define TCRT_KIRI A0
#define TCRT_KANAN A1
const int threshold = 600;
#define TRIG_PIN A2
#define ECHO_PIN A3
```

Gambar 13. inisialisasi program arduino nano

sumber: Dokumentasi Pribadi

Arduino Nano digunakan sebagai controller pembaca sensor bagian bawah. Program Nano memanggil library SPI.h dan MFRC522.h untuk RFID, serta SoftwareSerial.h untuk komunikasi DFPlayer Mini. Sensor garis kiri dipasang pada A0, sensor garis kanan pada A1, sensor ultrasonik menggunakan A2 dan A3, sedangkan RFID menggunakan pin SS D10 dan reset D9.

```
struct Card {
    byte id[4];
    int pin;
};

Card validCards[] = {
    {{0x4B, 0xE7, 0x5E, 0x45}, 2},
    {{0xD3, 0xD6, 0x6C, 0x9D}, 3},
    {{0x73, 0xA4, 0xD5, 0x9D}, 4},
    {{0x8A, 0x34, 0x2E, 0x80}, 5}
};
```

Gambar 14 Daftar kartu RFID valid untuk pada arduino nano

Sumber: Dokumentasi Pribadi

RFID digunakan untuk mengenali kartu atau Tag lokasi. Setiap UID kartu dipasangkan dengan pin output tertentu. Ketika kartu valid terdeteksi, Arduino Nano mengaktifkan pin tersebut sehingga ESP32 dapat mengetahui lokasi yang sedang terbaca.

H. Pembacaan Sensor Garis, RFID, dan Ultrasonik pada Arduino Nano

```
void bacaSensorGaris() {
    int nilaiKiri = analogRead(TCRT_KIRI);
    int nilaiKanan = analogRead(TCRT_KANAN);
    bool kiriHitam = nilaiKiri < threshold;
    bool kananHitam = nilaiKanan < threshold;

    if (kiriHitam && kananHitam) {
        Serial.println("TENGAH");
    } else if (kiriHitam && !kananHitam) {
        Serial.println("KANAN");
        playTrack(2);
    } else if (!kiriHitam && kananHitam) {
        Serial.println("KIRI");
        playTrack(1);
    } else {
        Serial.println("GARIS HILANG");
    }
}
```

Gambar 15. Program pembacaan sensor garis TCRT5000

Sumber Dokumentasi Pribadi

Sensor jalur hitam bekerja dengan membaca nilai analog sensor kiri dan kanan. Apabila nilai sensor lebih kecil dari threshold, sensor dianggap membaca warna hitam. Logika ini digunakan untuk mengetahui apakah posisi tongkat berada di tengah jalur, mengarah ke kiri, mengarah ke kanan, atau keluar dari garis.

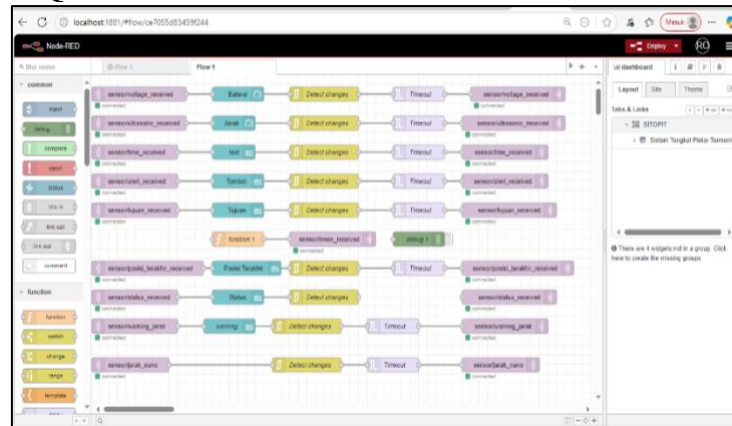
```
void bacaUltrasonik() {
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
    duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH, 25000);
    jarakCM = duration * 0.034 / 2;
    Serial.print("[JARAK]:");
    Serial.println(jarakCM);
}
```

Gambar 16. Program pembacaan sensor ultrasonik pada arduino nano

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Sensor ultrasonik bawah membaca jarak pada bagian bawah tongkat. Hasil pembacaan dikirim ke ESP32 dengan format [JARAK]:nilai. Format ini dipilih karena mudah dibaca oleh ESP32 dan dapat dibedakan dari teks Serial Monitor lainnya.

I. Node-RED dan MQTT



Gambar 4.17: Flow Node-RED monitoring SITOPIT

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Data yang diterima melalui MQTT meliputi jarak sensor ESP32, jarak sensor Arduino Nano, tegangan Baterai, status tombol panik, waktu, posisi pengguna, posisi terakhir, status komunikasi, dan peringatan gabungan jarak.



Gambar 4.18: Dashboard monitoring Node-RED

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 4.18 Tampilan Dashboard Monitoring SITOPIT menampilkan informasi kondisi sistem secara real-time yang diterima melalui komunikasi MQTT. Pada bagian Status Lokasi ditampilkan informasi waktu, tujuan saat ini berdasarkan pembacaan RFID, status peringatan, serta posisi RFID terakhir yang telah terbaca. Bagian Data Sensor menampilkan hasil pembacaan sensor ultrasonik atas (ESP32) dan sensor ultrasonik bawah (Arduino Nano) dalam bentuk indikator jarak, serta kondisi tegangan Baterai untuk memantau daya alat selama digunakan. Sementara itu, pada bagian Sistem & Info ditampilkan status koneksi alat (online/offline) dan status tombol panik yang menunjukkan kondisi darurat pengguna. Dashboard ini memudahkan petugas kapal dalam memantau posisi, kondisi, dan keamanan pengguna tongkat pintar secara langsung sehingga dapat meningkatkan keselamatan penyandang tunanetra selama berada di kapal penumpang. Program Utama Sistem Keseluruhan.

```
void loop() {  
  if (!client.connected()) reconnectMQTT();  
  client.loop();  
  float jarakESP = getDistanceCM();  
  client.publish(mqtt_topic, String(jarakESP, 2).c_str());  
  checkCombinedWarning(jarakESP, jarakNano);  
  checkBattery();  
  checkButtonAlert();  
  checkNanoSignal();  
  checkNanoSimpleSignal();  
  sendTimeToMQTT();  
  delay(500);  
}
```

Gambar 4.19: Program utama sistem keseluruhan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Program utama ESP32 berjalan pada fungsi loop(). Di dalam fungsi ini ESP32 menjaga koneksi MQTT, membaca pesan dari Arduino Nano, membaca jarak sensor atas, mengirim data sensor ke dashboard, menjalankan logika peringatan, membaca Baterai, membaca tombol panik, membaca lokasi, dan mengirim waktu. Proses tersebut dilakukan berulang setiap 500 ms agar data monitoring tetap diperbarui.

```
void loop() {  
  bacaSensorGaris();  
  bacaRFID();  
  bacaUltrasonik();  
  delay(200);  
}
```

Gambar 4.20: Program utama sistem keseluruhan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Sementara itu, fungsi loop() pada Arduino Nano menjalankan pembacaan sensor garis, RFID, dan ultrasonik secara berulang. Dengan pembagian tugas tersebut, ESP32 dapat fokus pada komunikasi MQTT dan audio utama, sedangkan Arduino Nano fokus pada pembacaan sensor bagian bawah.

Berdasarkan susunan software tersebut, sistem SITOPIT bekerja secara terstruktur. ESP32 menjadi pusat pengolahan dan pengiriman data, Arduino Nano menjadi pembaca sensor bawah, DFPlayer Mini menjadi keluaran suara, sedangkan Node-RED menjadi tampilan monitoring untuk pengelola kapal.

Hasil Perakitan



Gambar 4.21: komponen dan bentuk alat

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 4.21 menunjukkan rancangan fisik SITOPIT (Sistem Tongkat Pintar Termonitor) beserta letak komponen utama yang digunakan. Sistem terdiri dari ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor ultrasonik untuk mendeteksi rintangan, sensor tegangan (INA219) untuk

memantau kondisi baterai, RFID sebagai penanda lokasi, DFPlayer Mini sebagai keluaran suara, modul step-down sebagai penurun tegangan, baterai sebagai sumber daya, serta tombol buzzer (panic button) sebagai fitur darurat. Seluruh komponen bekerja secara terintegrasi untuk membantu navigasi penyandang tunanetra di kapal penumpang.

Tabel 4.1: tabel perbandingan tongkat konvensional dengan SITOPIT

Parameter	Tongkat tunanetra Konvensional	SITOPIT	Selisih
Panjang	108 cm	104 cm	4 cm
Berat	220 gram	750 gram	530 gram

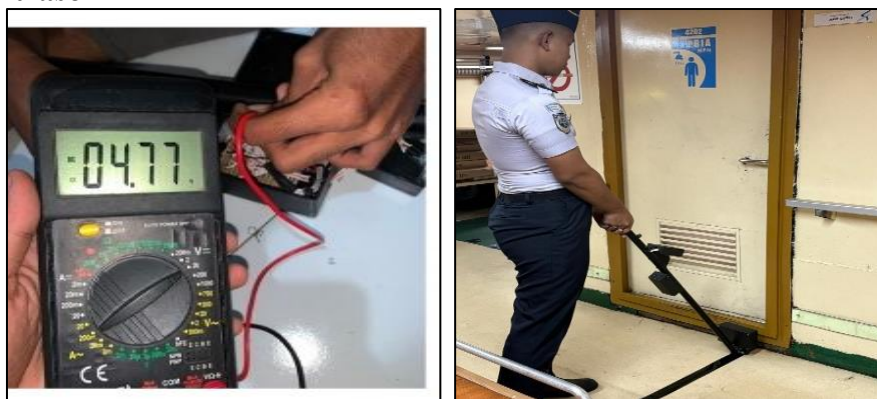
Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan Tabel 4.1, tongkat tunanetra konvensional memiliki panjang 108 cm dengan berat 220 gram, sedangkan SITOPIT memiliki panjang 104 cm dengan berat 750 gram. Perbedaan berat sebesar 530 gram disebabkan oleh penambahan komponen elektronik yang mendukung fungsi deteksi rintangan, identifikasi lokasi, monitoring baterai, dan peringatan suara. Meskipun lebih berat, SITOPIT tetap memiliki dimensi yang nyaman digunakan sebagai alat bantu mobilitas.

Pengujian

Pengujian statis

A. Sensor Ultrasonik



Gambar 4.22: (a) pengukuran tegangan sensor ultrasonik (b) pengetesan sensor

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 4.22 merupakan hasil pengecekan tegangan untuk komponen sensor ultrasonik. Sensor telah mendapatkan tegangan 4,77V sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan sensor tersebut dan berikut merupakan hasil dari percobaan.

Tabel 4.2: Hasil pengujian sensor ultrasonik 1

No	Kondisi uji	Sensor ultrasonik 1	Status	error
1	5 cm	5,4 cm	sesuai	8,00%
2	10 cm	10,3 cm	sesuai	3,00%
3	15 cm	15,2 cm	sesuai	1,33%
4	20 cm	19,8 cm	sesuai	1,00%
5	25 cm	25,3 cm	sesuai	1,20%
6	30 cm	30,2 cm	sesuai	0,67%
7	35 cm	35,2 cm	sesuai	0,57%
8	40 cm	40,2 cm	sesuai	0,50%
9	45 cm	45,2 cm	sesuai	0,44%
10	50 cm	50,2 cm	sesuai	0,44%
11	55 cm	55,2 cm	sesuai	0,36%
12	60 cm	60,3 cm	sesuai	0,50%

No	Kondisi uji	Sensor ultrasonik 1	Status	error
13	65 cm	64,8 cm	sesuai	0,31%
14	70 cm	70,2 cm	sesuai	0,29%
15	75 cm	74,7 cm	sesuai	0,40%
Rata-rata				1,27%

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan Tabel 4.2, hasil dari pengujian sensor ultrasonik bagian atas menunjukkan bahwa sensor tersebut dapat mengukur jarak dengan akurat dalam kisaran 5–75 cm. Selisih antara nilai pengukuran dan jarak yang sebenarnya cukup kecil, dengan persentase kesalahan berkisar antara 0,29% hingga 8,00%. Kesalahan terbesar terjadi pada jarak 5 cm, mencapai 8,00%, sedangkan kesalahan terkecil terjadi pada jarak 70 cm, yaitu 0,29%. Sistem juga beroperasi sesuai dengan desain, di mana pada jarak 5–50 cm indikator mengeluarkan peringatan "AWAS ORANG", sementara pada jarak 50–75 cm sistem berada dalam mode standby.

Tabel 4.3: Hasil pengujian sensor ultrasonik 2

No	Kondisi uji	Sensor ultrasonik 2	Status	error
1	5 cm	5,2 cm	sesuai	4,00%
2	10 cm	10,4 cm	sesuai	4,00%
3	15 cm	14,8 cm	sesuai	1,33%
4	20 cm	19,8 cm	sesuai	1,00%
5	25 cm	25,2 cm	sesuai	0,80%
6	30 cm	30,3 cm	sesuai	1,00%
7	35 cm	34,8 cm	sesuai	0,57%
8	40 cm	40,2 cm	sesuai	0,50%
9	45 cm	44,8 cm	sesuai	0,44%
10	50 cm	50,2 cm	sesuai	0,40%
11	55 cm	55,2 cm	sesuai	0,36%
12	60 cm	60,3 cm	sesuai	0,50%
13	65 cm	64,8 cm	sesuai	0,31%
14	70 cm	70,2 cm	sesuai	0,29%
15	75 cm	74,7 cm	sesuai	0,40%
Rata -rata				1,06%

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan data yang terdapat dalam Tabel 4.3, sensor ultrasonik bawah yang dioperasikan dengan Arduino Nano. Pada jarak 5–30 cm, sistem memberikan peringatan "AWAS BARANG", sementara dalam rentang 30–75 cm, sistem berada dalam mode standby. Hasil pengukuran menunjukkan persentase kesalahan antara 0,29% hingga 4,00%. Kesalahan terbesar terjadi pada jarak 5 cm dan 10 cm, yaitu sebesar 4,00%, sedangkan kesalahan terkecil tercatat pada jarak 70 cm dengan nilai 0,29%. Semua hasil pengujian menunjukkan status "sesuai", yang mengindikasikan bahwa sensor ultrasonik bawah berfungsi.

B. Sensor jalur hitam (TCR5000)



Gambar 4.23: (a) pengukuran tegangan sensor dan (b) tes di kapal (c) jarak antar sensor

Sumber: dokumentasi penelitian

Pengujian sensor garis dilakukan berdasarkan posisi sensor terhadap garis yang memiliki lebar 5,08 cm. Kondisi pertama adalah saat sensor berada tepat di tengah garis, kondisi kedua saat sensor berada di sisi kanan garis, kondisi ketiga saat sensor berada di sisi kiri garis, dan kondisi keempat saat sensor berada di luar garis.

Tabel 4.4: Hasil pengujian sensor TCRT5000 tongkat tepat di tengah garis

No	Hasil	status
1	Tidak terdeteksi	sesuai
2	Tidak terdeteksi	sesuai
3	Tidak terdeteksi	sesuai
4	Tidak terdeteksi	sesuai
5	Tidak terdeteksi	sesuai
6	Tidak terdeteksi	sesuai
7	Tidak terdeteksi	sesuai
8	Tidak terdeteksi	sesuai
9	Tidak terdeteksi	sesuai
10	Tidak terdeteksi	sesuai

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan hasil pengujian Tabel 4.4, sensor TCRT5000 berhasil mendeteksi posisi tongkat yang berada tepat di tengah garis pada seluruh percobaan. Seluruh pengujian memperoleh status sesuai, sehingga menunjukkan bahwa sensor bekerja dengan baik sebagai panduan jalur navigasi pengguna.

Tabel 4.5: Hasil pengujian sensor TCRT5000 tongkat tepat di samping kiri garis

No	Hasil	status
1	Instruksi kanan	sesuai
2	Instruksi kanan	sesuai
3	Instruksi kanan	sesuai
4	Instruksi kanan	sesuai
5	Instruksi kanan	sesuai
6	Instruksi kanan	sesuai
7	Instruksi kanan	sesuai
8	Instruksi kanan	sesuai
9	Instruksi kanan	sesuai
10	Instruksi kanan	sesuai

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan hasil pengujian Tabel 4.5, sistem berhasil memberikan instruksi belok kanan pada seluruh percobaan. Semua pengujian memperoleh status sesuai, sehingga menunjukkan bahwa sensor TCRT5000 mampu mendeteksi kondisi jalur dengan baik.

Tabel 4.6: Hasil pengujian sensor TCRT5000 tongkat di samping kanan garis

No	Hasil	status
1	Instruksi kiri	sesuai
2	Instruksi kiri	sesuai
3	Instruksi kiri	sesuai
4	Instruksi kiri	sesuai
5	Instruksi kiri	sesuai
6	Instruksi kiri	sesuai
7	Instruksi kiri	sesuai
8	Instruksi kiri	sesuai
9	Instruksi kiri	sesuai
10	Instruksi kiri	sesuai

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan hasil pengujian Tabel 4.6, sistem berhasil memberikan instruksi belok kiri pada seluruh percobaan. Semua pengujian memperoleh status sesuai, sehingga menunjukkan bahwa sensor TCRT5000 mampu mendeteksi kondisi jalur dan memberikan panduan arah ke kiri dengan baik.

Tabel 4.7: Hasil pengujian sensor TCRT5000 tongkat di luar garis

No	Hasil	status
1	Tidak terdeteksi	sesuai
2	Tidak terdeteksi	sesuai
3	Tidak terdeteksi	sesuai
4	Tidak terdeteksi	sesuai
5	Tidak terdeteksi	sesuai
6	Tidak terdeteksi	sesuai
7	Tidak terdeteksi	sesuai
8	Tidak terdeteksi	sesuai
9	Tidak terdeteksi	sesuai
10	Tidak terdeteksi	sesuai

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan hasil pengujian Tabel 4.7, sistem tidak memberikan instruksi suara ketika tongkat berada pada posisi yang benar di jalur. Seluruh pengujian memperoleh status sesuai, sehingga menunjukkan bahwa sensor TCRT5000 mampu mengenali kondisi normal dan tidak memberikan peringatan yang tidak diperlukan.

C. Pengujian sensor RFID MRFC522



(a)



(b)

Gambar 4.24: (a) pengukuran tegangan sensor RFID dan (b) percobaan

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan gambar 4.24 tegangan pada sensor RFID sudah mendekati dari tegangan yang dibutuhkan untuk mengoprsikan sensor RFID yang digunakan sebagai status tongkat tersebut sudah berada pada suatu tempat dan berikut hasil dari percobaan sensor RFID tersebut.

Tabel 4.8: Hasil pengujian sensor RFID

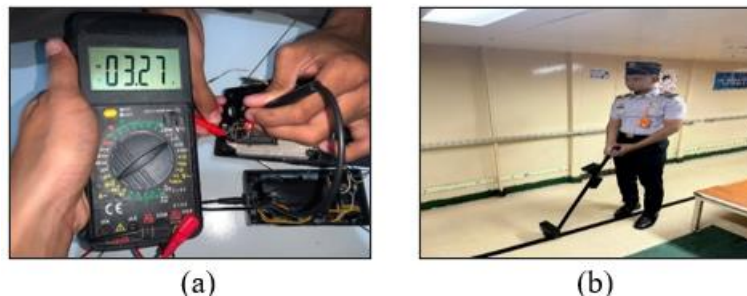
No	Tag	Deteksi	Lokasi nyata	Status
1	Tag 1	RUANG UTAMA	RUANG UTAMA	Berhasil
2	Tag 2	RUANG MAKAN	RUANG MAKAN	Berhasil
3	Tag 3	KAMAR TIDUR	KAMAR TIDUR	Berhasil
4	Tag 4	TOILET	TOILET	Berhasil
5	Tag 3	KAMAR TIDUR	KAMAR TIDUR	Berhasil
6	Tag 2	RUANG MAKAN	RUANG MAKAN	Berhasil
7	Tag 3	KAMAR TIDUR	KAMAR TIDUR	Berhasil

No	Tag	Deteksi	Lokasi nyata	Status
8	Tag 1	RUANG UTAMA	RUANG UTAMA	Berhasil
9	Tag 3	KAMAR TIDUR	KAMAR TIDUR	Berhasil
10	Tag 3	KAMAR TIDUR	KAMAR TIDUR	Berhasil

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan data pada Tabel 4.8, sistem RFID bisa mengenali seluruh Tag yang terdaftar. Sementara itu, Tag yang tidak terdaftar tidak mengubah informasi lokasi. Seluruh pengujian berhasil dengan waktu respons berkisar 1–5 detik.

D. Pengujian tombol panik



Gambar 4.25: (a) hasil dari pengukuran tegangan buzzer dan (b) percobaan di kapal

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan gambar 4.25 buzzer telah menerima tegangan 3.27 V yang mana sudah mencukupi untuk menjalankan komponen tersebut dengan baik dan berikut adalah hasil dari percobaan buzzer, sebagai peringatan untuk pengelola kapal agar segera mengecek tunanetra.

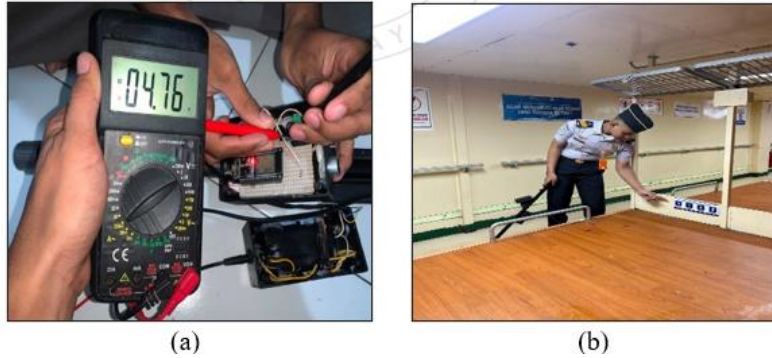
Tabel 4.9: Hasil pengujian buzzer (tombol panik)

No	Kondisi	Logika input	Buzzer	Status
1	Tombol ditekan 5 detik	HIGH	Buzzer menyala	Berhasil
2	Tombol ditekan 3 detik	HIGH	Buzzer menyala	Berhasil
3	Tombol tidak ditekan	LOW	Buzzer mati	Berhasil
4	Tombol ditekan 10 detik	HIGH	Buzzer menyala	Berhasil
5	Tombol ditekan 4 detik	HIGH	Buzzer menyala	Berhasil
6	Tombol tidak ditekan	LOW	Buzzer mati	Berhasil
7	Tombol ditekan 2 detik	HIGH	Buzzer menyala	Berhasil
8	Tombol ditekan dan dilepas 2 kali	HIGH, LOW HIGH LOW	Buzzer menyala dan mati 2 kali	Berhasil
9	Tombol tidak ditekan	LOW	Buzzer mati	Berhasil
10	Tombol ditekan 2 detik	HIGH	Buzzer menyala	Berhasil

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan tabel 4.9 buzzer berjalan dengan baik sesuai dengan apa yang diharapkan oleh pembuat percobaan, apabila sensor ditekan dapat menyalakan buzzer dan output dashboard menunjukkan peringatan.

E. Pengujian DF player mini



Gambar 4.26: (a) hasil dari pengukuran tegangan DF Player dan (b) percobaan di kapal
Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan gambar 4.26 Df player sudah dialiri tegangan sebesar 4,76V yang mana sudah mendekati batas tegangan yaitu 5V, maka DF player sudah bisa diaplikasikan. Berikut hasil dari percobaan DF Player.

Tabel 4.10: Hasil pengujian Df player(Speaker)

No	Kondisi Uji	Output Df player	status
1	Sensor ultrasonik atas 10 cm	“awas orang”	sesuai
2	Sensor ultrasonik bawah 2 cm	“awas barang”	sesuai
3	RFID Tag 1	“ruang utama”	sesuai
4	RFID Tag 3	“kamar tidur”	sesuai
5	Sensor Jalur hitam kiri putih kanan hitam	“ke kanan”	sesuai
6	Sensor ultrasonik atas 20 cm Sensor ultrasonik bawah 20 cm	“awas bahaya”	sesuai
7	RFID Tag 2	“ruang makan”	sesuai
8	Sensor jalur hitam, kanan putih kiri hitam	“ke kanan”	sesuai
9	RFID Tag 1	“Ruang utama”	sesuai
10	Sensor ultrasonik atas 30 cm	“awas orang”	sesuai

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan tabel 4.10, Df player berjalan dengan baik sesuai dengan apa yang diharapkan oleh pembuat percobaan, dapat mengeluarkan output suara untuk pengguna tongkat.

F. Pengujian sensor tegangan (INA219)



Gambar 4.27: (a) pengukuran tegangan INA219 (b) tampilan dashboard
Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan gambar 4.27 sensor tegangan sudah memiliki tegangan 4.76 V. hal ini menunjukkan bahwa sensor tegangan dalam kondisi stabil, berikut hasil dari percobaan sensor tegangan.

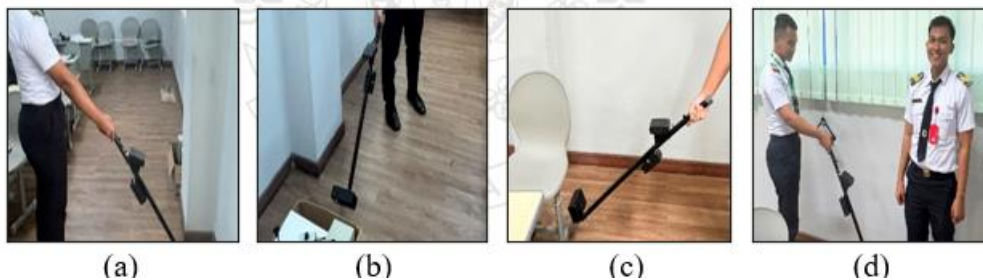
Tabel 4.11: hasil uji coba sensor INA219

No	Ina219 (V)	AVO (V)	error
1	12,29	12,30	0,08
2.	12,29	12,31	0,07
3.	12,28	12,20	0,08
4	12,30	12,37	0,07
5	12,27	12,30	0,03
6	12,32	12,35	0,03
No	Ina219 (V)	AVO (V)	error
7	12,29	12,35	0,06
8	12,31	12,39	0,08
9	12,28	12,29	0,01
10	12,30	12,31	0,01
Rata -rata			0,05

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan hasil pengujian tabel 4.11, sensor INA219 terhadap pengukuran menggunakan AVO meter, diperoleh hasil pembacaan yang hampir sama pada setiap percobaan. Nilai rata-rata error yang diperoleh sebesar 0,05%, sehingga menunjukkan bahwa sensor INA219 memiliki tingkat akurasi yang baik.

Pengujian Dinamis


Gambar 4.28: (a) tembok 3 meter, (b) kardus, (c) kursi, (d) orang

Sumber: dokumentasi penelitian

Gambar 4.28 Pengujian Sistem SITOPIT dengan metode dinamis menunjukkan proses pengujian setiap fitur utama sistem dengan obstacle yang berbagai macam. Pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh komponen bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. (a) Pengujian deteksi halangan menggunakan obstacle tembok 3 meter. (b) Pengujian deteksi halangan menggunakan obstacle kardus. (c) Pengujian deteksi halangan menggunakan obstacle kursi. (d) Pengujian deteksi halangan menggunakan obstacle orang. Peneliti menggunakan objek-objek yang banyak berada pada kapal penumpang.

Tabel 4.12: tabel hasil pengujian dinamis dengan obstacle tembok 3m

No	Jarak Pengguna ke Obstacle	obstacle yang Digunakan	Output Sistem	Status
1	0,25 m	Tembok setinggi 3 m	"Awat Bahaya"	Sesuai
2.	0,5 m	Tembok setinggi 3 m	"Awat Bahaya"	Sesuai
3.	0,75 m	Tembok setinggi 3 m	"Awat Bahaya"	Sesuai
4.	1 m	Tembok setinggi 3 m	"Awat Bahaya"	Sesuai
5	1,25 m	Tembok setinggi 3 m	"Awat Bahaya"	Sesuai
6	1,5 m	Tembok setinggi 3 m	"Awat Bahaya"	Sesuai
7	1,75 m	Tembok setinggi 3 m	"Awat Bahaya"	Sesuai
8	2 m	Tembok setinggi 3 m	"Awat Orang"	Tidak Sesuai
9	2,25 m	Tembok setinggi 3 m	standby	Sesuai
10	2,5 m	Tembok setinggi 3 m	standby	Sesuai

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan hasil pengujian deteksi obstacle menggunakan tembok setinggi 3 meter, sistem SITOPIT mampu mendeteksi halangan pada seluruh variasi jarak pengujian, yaitu 0,25 m hingga 2,5 m. Pada jarak 0,25-1,75 m sistem memberikan keluaran suara "Awat Bahaya", sedangkan pada jarak 2 m menghasilkan keluaran "Awat orang" sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan pada sistem. Seluruh pengujian memperoleh status sesuai, sehingga menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi keberadaan obstacle dan ketika tidak mendeteksi obstacle alat berada dalam keadaan standby.

Tabel 4.13: hasil pengujian dinamis menggunakan obstacle kardus

No	Jarak Pengguna ke Obstacle	obstacle yang Digunakan	Output Sistem	Status
1	0,25 m	Kardus	"Awat Barang"	Sesuai
2.	0.5 m	kardus	"Awat Barang"	Sesuai
3.	0,75 m	kardus	"Awat Barang"	Sesuai
4.	1 m	kardus	"Awat Barang"	Sesuai
5.	1,25 m	kardus	"Awat Barang"	Sesuai
6.	1,5 m	kardus	"Awat Barang"	Sesuai
7	1,75 m	kardus	standby	Sesuai
8	2 m	kardus	standby	Sesuai
9	2,25 m	kardus	standby	Sesuai
10	2,5 m	kardus	standby	Sesuai

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan hasil pengujian deteksi obstacle menggunakan kardus, sistem SITOPIT mampu mendeteksi objek pada seluruh variasi jarak pengujian, yaitu 0,25–2,5 m. Pada setiap percobaan, sistem memberikan keluaran suara "Awat Barang" sesuai dengan jenis obstacle yang dideteksi. Seluruh pengujian memperoleh status sesuai, sehingga menunjukkan bahwa sensor bawah mampu mendeteksi benda di sekitar.

Tabel 4.14: hasil pengujian dinamis menggunakan obstacle kursi

No	Jarak Pengguna ke Obstacle	obstacle yang Digunakan	Output Sistem	Status
1	0,25 m	kursi	"Awat Barang"	Sesuai
2.	0.5 m	kursi	"Awat Barang"	Sesuai
3.	0,75 m	kursi	"Awat Barang"	Sesuai
4.	1 m	kursi	"Awat Barang"	Sesuai
5.	1,25 m	kursi	"Awat Barang"	Sesuai
6.	1,5 m	kursi	"Awat Barang"	Sesuai
7	1,75 m	kursi	standby	Sesuai
8	2 m	kursi	standby	Sesuai
9	2,25 m	kursi	standby	Sesuai
10	2,5 m	kursi	standby	Sesuai

Sumber: Dokumentasi penelitian

Berdasarkan hasil pengujian tabel 4.14, deteksi obstacle menggunakan kursi, sistem SITOPIT mampu mendeteksi objek pada seluruh variasi jarak pengujian, yaitu 0,25-2,5 m. Pada setiap percobaan, sistem memberikan keluaran suara "Awat Barang" sesuai dengan jenis obstacle yang dideteksi. Seluruh pengujian memperoleh status sesuai, sehingga menunjukkan sensor ultrasonik bawah bekerja dengan baik dan memberikan peringatan kepada pengguna secara konsisten selama proses navigasi dan outputnya akan terlihat di dashboard online.

Tabel 4.15: hasil pengujian dinamis obstacle orang

No	Jarak Pengguna ke Obstacle	obstacle yang Digunakan	Output Sistem	Status
1	0,25 m	orang	"Awat Orang"	Sesuai
2.	0.5 m	orang	"Awat Orang"	Sesuai

No	Jarak Pengguna ke <i>Obstacle</i>	<i>obstacle</i> yang Digunakan	<i>Output</i> Sistem	Status
3.	0,75 m	orang	"Awat Orang"	Sesuai
4.	1 m	orang	"Awat Orang"	Sesuai
5.	1,25 m	orang	"Awat Orang"	Sesuai
6.	1,5 m	orang	"Awat Orang"	Sesuai
7	1,75 m	orang	<i>standby</i>	Sesuai
8	2 m	orang	<i>standby</i>	Sesuai
9	2,25 m	orang	<i>standby</i>	Sesuai
10	2,5 m	orang	<i>standby</i>	Sesuai

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.15, sistem SITOPIT mampu mendeteksi *obstacle* berupa kursi pada seluruh variasi jarak pengujian, yaitu 0,25-2,5 m. Seluruh percobaan menghasilkan keluaran suara "Awat orang" sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan dan memperoleh status sesuai. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor ultrasonik bawah mampu mendeteksi orang dengan baik.

Tabel 4.16: hasil monitoring Baterai

No	Waktu	<i>Output dashboard</i>	Status
1	5 menit	12,3 V	Sesuai
2.	10 menit	10,2 V	Sesuai
3.	15 menit	8,2 V	Sesuai
4	20 menit	6,2 V	Sesuai
5	25 menit	4,5 V	Sesuai
6	30 menit	mati	Sesuai
7	35 menit	mati	Sesuai
8	40 menit	mati	Sesuai
9	45 menit	mati	Sesuai
10	50 menit	mati	Sesuai

Sumber: dokumentasi penelitian

Berdasarkan hasil pengujian Tabel 4.16, monitoring tegangan Baterai pada dashboard, sistem mampu menampilkan kondisi tegangan Baterai secara real-time selama proses pengosongan daya. Pada menit ke-5 hingga menit ke-25, nilai tegangan yang ditampilkan pada dashboard mengalami penurunan secara bertahap dari 12,3 V menjadi 4,5 V. Selanjutnya, pada menit ke-30 hingga menit ke-50, dashboard menunjukkan status "mati", yang menandakan bahwa Baterai telah habis sehingga sistem tidak lagi beroperasi. Seluruh hasil pengujian menunjukkan status sesuai, sehingga dapat disimpulkan bahwa fitur monitoring tegangan Baterai pada dashboard telah bekerja dengan baik dalam menampilkan kondisi catu daya sistem sesuai dengan keadaan sebenarnya.

Hasil Pengujian Sistem

Tabel 4.17: pengujian alat di area kapal

No	Lokasi uji	Bagian yang diamati	Hasil pengujian	Status
1	Koridor kapal	Sensor jalur hitam dan ultrasonik	Jalur dapat diikuti dan halangan dapat dideteksi	Berhasil
2	Toilet wanita	RFID/lokasi, <i>audio</i> , jalur hitam	Sistem memberikan informasi lokasi toilet wanita	Berhasil
3	Toilet pria	RFID/lokasi, <i>audio</i> , jalur hitam	Sistem memberikan informasi lokasi toilet pria	Berhasil

No	Lokasi uji	Bagian yang diamati	Hasil pengujian	Status
4	Tempat tidur prioritas	Ultrasonik dan <i>audio</i>	Objek sekitar tempat tidur dapat dijadikan simulasi halangan	Berhasil
5	Lorong kamar mandi	Ultrasonik dan jalur penggunaan	Alat tetap dapat digunakan pada area sempit	Berhasil

Sumber Dokumentasi penelitian

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.17. beberapa lokasi di kapal penumpang, sistem SITOPIT mampu beroperasi dengan baik pada setiap area pengujian. Di koridor kapal, sensor jalur hitam dan sensor ultrasonik dapat membantu pengguna mengikuti jalur serta mendeteksi adanya halangan. Pada area toilet wanita dan toilet pria, sistem berhasil membaca Tag RFID dan memberikan informasi lokasi melalui audio sehingga memudahkan pengguna mengenali tujuan. Selain itu, pengujian di area tempat tidur prioritas menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi objek di sekitar pengguna dan memberikan peringatan suara. Pengujian pada lorong kamar mandi juga menunjukkan bahwa alat tetap dapat digunakan secara optimal meskipun berada pada area yang sempit. Secara keseluruhan, seluruh skenario pengujian memperoleh status berhasil, yang menunjukkan bahwa SITOPIT dapat berfungsi sesuai dengan rancangan dan mendukung navigasi penyandang tunanetra.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Sistem SITOPIT berhasil dirancang dan direalisasikan menggunakan ESP32, Arduino Nano, sensor ultrasonik, RFID MFRC522, sensor jalur hitam TCRT5000, DFPlayer Mini, serta sistem monitoring berbasis MQTT dan Node-RED yang terintegrasi untuk membantu navigasi penyandang tunanetra di kapal penumpang.
- Berdasarkan hasil pengujian, seluruh komponen dan fitur sistem berfungsi sesuai dengan rancangan, meliputi deteksi halangan, identifikasi lokasi, panduan arah, tombol panik, audio peringatan, serta monitoring secara real time yang menampilkan data sensor, kondisi baterai, status alat, lokasi pengguna, dan peringatan untuk mendukung pemantauan pengguna oleh pengelola kapal.

Saran

- Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan teknologi identifikasi lokasi yang lebih akurat dan mencakup area yang lebih luas, sehingga navigasi pengguna menjadi lebih efektif pada lingkungan kapal yang kompleks.
- Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan sensor yang lebih canggih, seperti LiDAR atau kamera berbasis kecerdasan buatan, untuk meningkatkan kemampuan deteksi objek dan kondisi lingkungan sekitar.
- Perlu dilakukan pengujian langsung dengan melibatkan penyandang tunanetra sebagai pengguna serta pengujian dalam jangka waktu yang lebih panjang untuk mengetahui tingkat kenyamanan, keandalan, dan efektivitas sistem pada kondisi operasional sebenarnya.

REFERENSI

- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing. RFID Journal. <https://www.rfidjournal.com/expert-views/that-internet-of-things-thing/73881/> (Accessed : 13 May 2025)
- Baraka.uma.ac.id. (2022). Jenis – jenis kapal penumpang. <https://baraka.uma.ac.id/jenis-jenis-kapal-penumpang/> (Accessed : 14 May 2025)

- DFROBOT. (2020). DFPlayer Mini MP3 Player For Arduino. DFROBOT. <https://www.dfrobot.com/product-1121.html?> (Accessed : 09 May 2025)
- DISHUB ACEH. (n.d.). 5 (LIMA) CITRA MANUSIA PERHUBUNGAN. <https://dishub.acehprov.go.id/core-values/> (Accessed : 13 April 2025)
- Hunkeler, U., Truong, H. L., & Stanford-Clark, A. (n.d.). MQTT-S-A Publish/Subscribe Protocol For Wireless Sensor Networks. (Accessed : 15 May 2025)
- Indoware. (2013). Ultrasonic Ranging Module HC - SR04. Datasheet, 1–4. <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf> (Accessed : 09 May 2025)
- Karl, S., & Hylén, J. (2025). Getting Started with Arduino IDE 2. <https://docs.arduino.cc/software/ide-v2/tutorials/getting-started-ide-v2/> (Accessed : 01 May 2025)
- Nasution, F., Anggraini, L. Y., & Putri, K. (2022). Pengertian Pendidikan, Sistem Pendidikan Sekolah Luar Biasa, dan Jenis-Jenis Sekolah Luar Biasa. 3(2), 2715–2634. (Accessed : 27 April 2025)
- Panacara, P. B. P. P. T. P. U. P. T. B. M. A., Siregar, M., Taryo, T., Sudirman, B. R. I. J. J., & Hilir, B. (2021). Rancang Bangun Piranti Penuntun Tongkat Pintar Untuk Penyandang Tunanetra Berbasis Mikrokontroler Arduino. 01(2). <http://www.openjournal.unpam.ac.id/index.php/SNH> (Accessed : 12 March 2025)
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 98 Tahun 2017 Tentang Penyediaan Aksesibilitas Pada Pelayanan Jasa Transportasi Publik Bagi Pengguna Jasa Berkebutuhan Khusus, 12 (2017). (Accessed : 26 March 2025)
- Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 61 Tahun 2009 Tentang Kepelabuhan, Database peraturan (2009). (Accessed : 13 March 2025)
- Prasetyo A, F. L. (2020). Analisis Yuridis Terhadap Keberangkatan KapalPenumpang Tanpa Adanya Surat Persetujuan Berlayar(Studi Penelitian Kantor Kesyahbandaran Dan OtoritasPelabuhan Khusus Batam). Zona Keadilan, 10(03), 1–15. (Accessed : 17 March 2025)
- Semiconductors, N. X. P. (2016). MFRC522 Standard performance MIFARE and NTAG frontend. Datasheet. (Accessed : 10 May 2025)
- Siti Noor, A., Titiyani, L., Efnan Prazeti, N., Prayoga, R., Sasmita, & Mayasari. (2024). PERAN KOMUNITAS TUNANETRA DALAM MEMBANGUN HUBUNGAN SERTA MEMBENTUK IDENTITAS DIRI BAGI PENYANDANG DISABILITAS TUNANETRA. Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran, 7(3), 7696. (Accessed : 01 May 2025)
- Texas instrument. (2015). INA219 Zero-Drift, Bidirectional current/Power Monitor With I2C Interface. Datasheet. <https://www.ti.com> (Accessed : 04 May 2025)
- Tullah, R., Ramdhan, S., Akbar, R. N., & Yusuf, F. (2020). Telematika Smart-Cane for The Blind with A Sensor Detection Approach A R T I C L E I N F O ABSTRAK. 13(2). <https://doi.org/10.35671/telematika.v13i2.991> (Accessed : 05 May 2025)
- Vishay Semiconductors. (2009). TCRT5000 Reflective Optical Sensor with Transistor Output. Datasheet. <https://www.vishay.com/docs/83760/tcrt5000.pdf> (Accessed : 06 May 2025)
- Yuwono, I., Hanafi, M., & Utomo. (2023). Smart Cane for the Blind in Wetland Areas. International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development, 12(3), 34–44. <https://doi.org/10.6007/IJARPED/v12-i3/18236> (Accessed : 07 May 2025)
- Zefanyasosiawan. (n.d.). Mikrokontroler ESP32. Retrieved May 4, 2025, from <https://dte.telkomuniversity.ac.id/mikrokontroler-esp32/> (Accessed : 10 May 2025)