EL3: PERANCANGAN SISTEM

INSTITUT TEKNOLOGI SUMATERA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JL TERUSAN RYACUDU, DESA WAY HUWI, KECAMATAN JATI AGUNG
(0721) 8030188, (0721) 8030189 LAMPUNG SELATAN 35365

Capstone Design Product Documentation

Teknik Elektro - Sistem Informasi Tugas Akhir

Project Name	Teknik Elektro - Sistem Informasi Tugas Akhir
Short Project Name	FRESH-ID
Notes	Note: This document's distribution is controlled by the Electrical Engineering Program, ITERA.
Document No.	TA2526.01.099
Revision No.	03
Published Date	22 September 2025
Publisher	Prodi Teknik Elektro – ITERA
Number of Pages	32 (including this cover sheet)

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

Approval Page

Created By	Approved By
Team Leader	**Supervisor I**
Muhammad Bintang Pamungkas 122130009	**Dean Corio, S.T, M.T.** 19860622 201504 1 003
Team Members	**Supervisor II**
Puja Andesta 122130043	**Afit Miranto, S.T, M.T.** 19910512 202203 1 007
Daffa Zakky Kurniawan 122130044	

Document Approval Date
22 September 2025

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

Contents

1 Spesifikasi Sistem **3**
- 1.1 Spesifikasi Fungsional . . . 3
- 1.2 Spesifikasi Non-Fungsional . . . 5
- 1.3 Spesifikasi Perangkat Keras . . . 6
- 1.4 Spesifikasi Perangkat Lunak . . . 6
- 1.5 Kriteria Kinerja dan Evaluasi . . . 7

2 Solusi / Produk yang Diusulkan **7**
- 2.1 Arsitektur . . . 8
  - 2.1.1 Subsistem Instrumentasi . . . 8
  - 2.1.2 Subsistem Kendali . . . 9
  - 2.1.3 Subsistem Visualisasi dan Kontrol Pengguna (Software/Aplikasi) (Optional / Jika ada . . . 9
- 2.2 Perancangan Sistem . . . 11
  - 2.2.1 Desain Sistem . . . 11
  - 2.2.2 Wiring Diagram Perancangan Sistem . . . 13
  - 2.2.3 Diagram Blok Hubungan antar Subsistem . . . 14
  - 2.2.4 Desain Tampilan Dashboard . . . 15
  - 2.2.5 Diagram Alir Perancangan Sistem . . . 18
- 2.3 Fitur Utama . . . 19
- 2.4 Keunggulan Dibandingkan Solusi Lain . . . 21
- 2.5 Justifikasi Pemilihan . . . 22

3 Rencana Implementasi **23**
- 3.1 Struktur Pemecahan Kerja (WBS) . . . 23
- 3.2 Jadwal (Diagram Gantt) . . . 24
- 3.3 Pembagian Tugas Tim . . . 25
- 3.4 Pengujian Sistem . . . 26

4 Analisis Resiko **28**
- 4.1 Risiko Teknis, Finansial, dan Penerimaan Pengguna . . . 28
- 4.2 Mitigasi Risiko . . . 29

5 Analisis Finansial **30**
- 5.1 Estimasi Biaya Utama . . . 30
- 5.2 Analisis Biaya-Manfaat . . . 31

6 Referensi **32**

7 Daftar Singkatan **32**

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

Ringkasan Dokumen

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

1 Spesifikasi Sistem

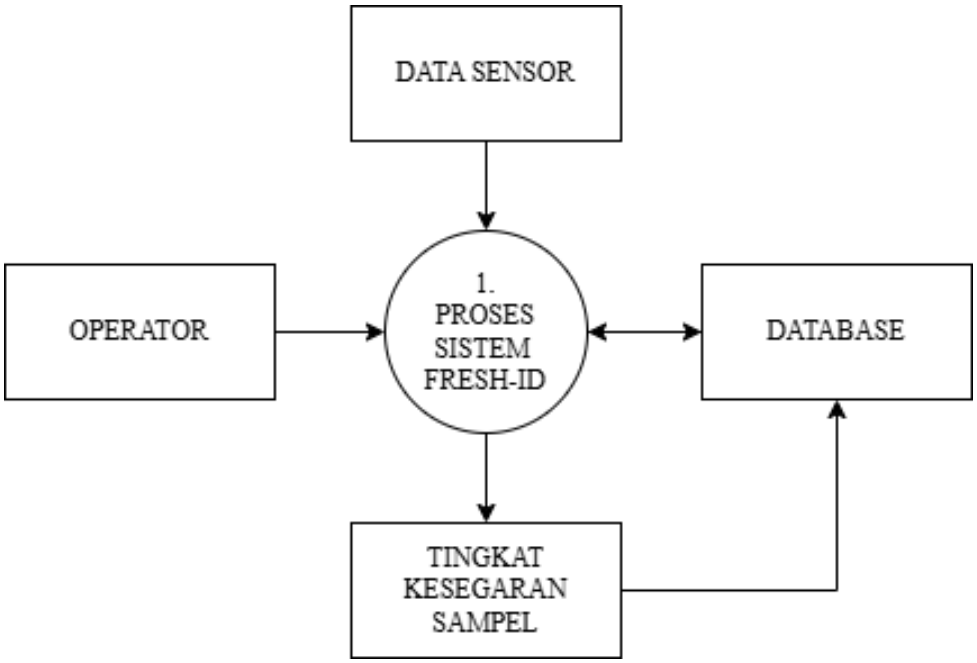
Pemantauan kualitas makanan berbasis sensor gas dan suhu dilakukan dengan prinsip bahwa aktivitas mikrobiologis pada tahap awal pembusukan memecah komponen organik pangan dan menghasilkan gas dekomposisi seperti *ammonia* (NH_3), *hydrogen sulfide* (H_2S), dan *methane* (CH_4) yang berpotensi muncul sebelum perubahan visual yang mudah dikenali. Berdasarkan prinsip ini dan hasil analisis kesenjangan pada penelitian terdahulu, sistem FRESH-ID dirancang untuk melakukan pemantauan *real-time* terhadap parameter gas dan suhu pada komoditas berisiko tinggi yaitu daging ayam, daging sapi, ikan, dan susu pasteurisasi dengan mengintegrasikan sensor gas TGS2602 dan TGS2611 untuk membentuk pola *spoilage fingerprint*, dilengkapi sensor DHT22 sebagai parameter koreksi untuk menekan efek *drift* akibat perubahan suhu dan kelembapan. Data yang diperoleh diolah oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan secara otomatis melalui Wi-Fi ke platform web berbasis IoT, kemudian disajikan dalam bentuk klasifikasi status segar, kurang segar, dan busuk melalui indikator LED dan LCD pada unit fisik untuk pembacaan langsung oleh pengelola dapur, serta dashboard web yang menampilkan data sensor, grafik tren, dan *historical data* untuk administrator Badan Gizi Nasional (BGN). Dengan kemampuan pemantauan *real-time* yang terintegrasi dengan *Internet of Things (IoT)* dan penerapan kompensasi lingkungan, FRESH-ID diharapkan dapat menjadi perangkat pendukung yang efektif bagi BGN dalam mencegah risiko keracunan makanan pada program Makanan Bergizi Gratis serta meningkatkan keandalan sistem screening bahan baku sebelum diolah di dapur MBG.

1.1 Spesifikasi Fungsional

Fungsi utama dari sistem FRESH-ID merepresentasikan kemampuan utama sistem dalam menjalankan proses teknis tertentu. Adapun fungsi utama dari perangkat tersebut adalah sebagai berikut:

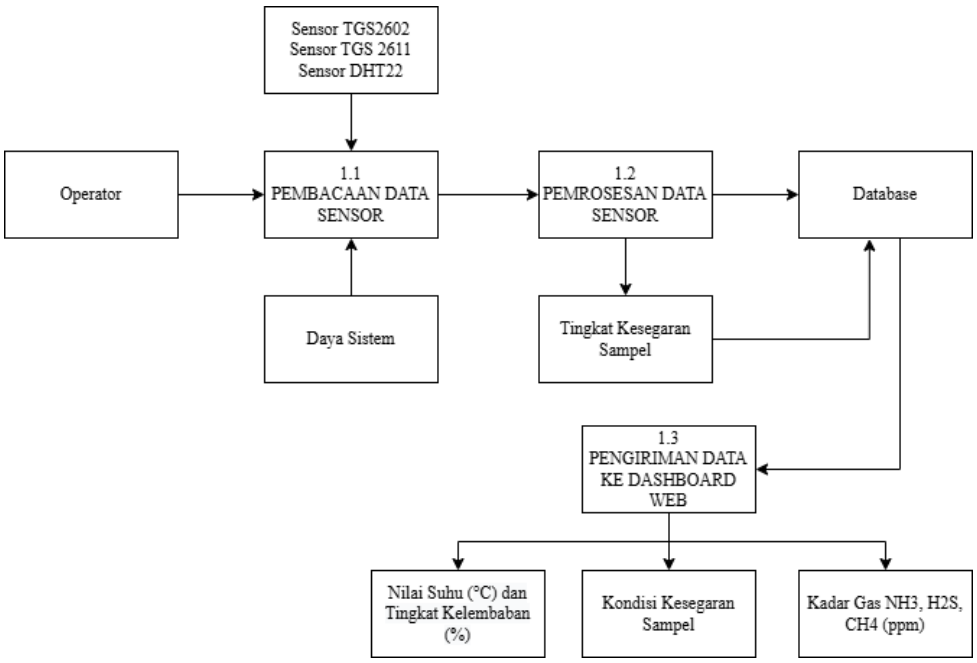
1. Sistem melakukan pembacaan data gas (NH_3, H_2S, CH_4), suhu, dan kelembapan secara berkala dari sensor yang terpasang.
2. Sistem mengklasifikasikan tingkat kesegaran makanan ke dalam kategori Segar, Kurang Segar, atau Busuk berdasarkan nilai ambang batas sensor.
3. Sistem mengolah dan mengirimkan data hasil pengukuran secara *real-time* ke server melalui koneksi Wi-Fi.
4. Sistem menampilkan data sensor, grafik tren, dan status kesegaran makanan pada dashboard web untuk kebutuhan pemantauan.
5. Sistem menyimpan riwayat data harian sebagai *historical log* yang ditampilkan dalam website FRESH-ID.
6. Sistem memberikan notifikasi status ketika nilai sensor melewati ambang batas yang mengindikasikan terjadinya pembusukan melalui website FRESH-ID.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.



Gambar EL3.1: DFD Level 0 Sistem FRESH-ID

Data Flow Diagram (DFD) Level 0 pada Gambar EL3.1 menggambarkan aliran data utama dalam Sistem FRESH-ID yang melibatkan empat entitas, yaitu Data Sensor, Operator, Database, dan Tingkat Kesegaran Sampel. Sistem FRESH-ID menerima masukan berupa data hasil pembacaan sensor dari entitas Data Sensor. Data ini kemudian diproses pada Proses 1 untuk menghasilkan informasi tingkat kesegaran sampel. Informasi tersebut disimpan pada Database dan sekaligus dihasilkan sebagai keluaran berupa Tingkat Kesegaran Sampel. Selain itu, Operator berinteraksi dengan sistem untuk memberikan instruksi maupun memperoleh informasi monitoring. Melalui proses ini, Sistem FRESH-ID berfungsi sebagai pusat pengolahan dan penyedia informasi kesegaran sampel secara terintegrasi.



Gambar EL3.2: DFD Level 1 Sistem FRESH-ID

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

DFD Level 1 pada Gambar EL3.2 menjelaskan rincian proses internal Sistem FRESH-ID yang diuraikan menjadi tiga subproses utama. Proses 1.1 merupakan tahap Pembacaan Data Sensor, di mana sistem menerima masukan dari sensor TGS2602, TGS2611, dan DHT22, serta memperoleh suplai daya dari power supply sebagai sumber daya sistem. Data hasil pembacaan sensor selanjutnya digunakan sebagai input dalam Proses 1.2, yaitu Pemrosesan Data Sensor. Pada tahap ini, data divalidasi, difilter, dan diolah untuk menghasilkan informasi tingkat kesegaran sampel yang akurat. Hasil pemrosesan tersebut kemudian diteruskan ke Proses 1.3 untuk Pengiriman Data ke Dashboard Web. Pada proses ini, Sistem FRESH-ID mengirimkan tiga jenis data utama, yaitu nilai suhu dan tingkat kelembaban dari sensor DHT22, kondisi kesegaran sampel hasil perhitungan sistem, serta kadar gas (NH_3),(H_2S), dan (CH_4) yang diperoleh dari sensor TGS2602 dan TGS2611. Ketiga data tersebut ditampilkan pada dashboard web untuk memudahkan operator dalam memantau kondisi sampel secara real-time, sekaligus disimpan pada Database untuk keperluan pencatatan dan analisis lebih lanjut. Dengan demikian, DFD Level 1 memberikan gambaran detail mengenai alur kerja sistem mulai dari pembacaan sensor, pemrosesan data, hingga penyajian informasi kepada pengguna.

1.2 Spesifikasi Non-Fungsional

Spesifikasi non-fungsional mendefinisikan batasan operasional dan standar kualitas yang harus dipenuhi oleh sistem FRESH-ID agar dapat bekerja dengan optimal. Penjabaran mengenai spesifikasi non-fungsional sistem dapat dilihat pada Tabel EL3.1.

Tabel EL3.1: Spesifikasi Non-Fungsional Sistem

Aspek	**Deskripsi**
Kinerja	Sistem mampu melakukan pemantauan tingkat kesegaran sampel secara stabil dan *real-time* dengan akurasi pembacaan sensor yang konsisten.
Keandalan	Sistem harus dapat beroperasi secara kontinu minimal 24 jam tanpa crash, dengan tingkat keberhasilan pengiriman data $\geq$90%
Keamanan	Akses dashboard dibatasi dengan autentikasi login untuk operator. Komunikasi data menggunakan protokol MQTT yang didukung enkripsi TLS sehingga menjamin kerahasiaan dan integritas data. Sistem juga mencatat log aktivitas pengguna untuk kebutuhan audit keamanan.
Portabilitas	Sistem berbasis mikrokontroler ESP32 dengan konektivitas nirkabel Wi-Fi sehingga dapat diimplementasikan dengan fleksibel dan mudah diadaptasi pada berbagai lokasi penyimpanan makanan.
Antarmuka	Data ditampilkan secara waktu nyata pada dashboard web FRESH-ID yang dapat diakses melalui browser, dilengkapi OLED Display dan LED indikator tiga warna (hijau/kuning/merah) pada unit fisik untuk menampilkan status kesegaran dan data sensor secara langsung.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

1.3 Spesifikasi Perangkat Keras

Bagian ini memuat daftar komponen elektronik utama yang digunakan dalam pengembangan sistem FRESH-ID, beserta fungsi spesifik dan spesifikasi teknisnya. Pemilihan komponen didasarkan pada kebutuhan akurasi sensor dan efisiensi pemrosesan data. Penjabaran mengenai spesifikasi perangkat keras dapat dilihat pada Tabel EL3.2.

Tabel EL3.2: Daftar Spesifikasi Perangkat Keras

Komponen	Fungsi	Spesifikasi Utama
ESP32	Mikrokontroler utama dan modul WiFi	Mikrokontroler 32-bit dual-core dengan Wi-Fi + BLE dan frekuensi hingga 240 MHz
TGS2602	Sensor deteksi gas organik volatil (VOC), amonia (NH_3), dan hidrogen sulfida (H_2S) sebagai indikator pembusukan makanan	Jangkauan deteksi 1–30 ppm, tegangan heater dan sirkuit sebesar 5,0 $\pm$ 0,2 V DC, konsumsi daya tipikal sebesar 280 mW
TGS2611	Sensor deteksi gas metana (CH_4)	Jangkauan deteksi rentang 500–10.000 ppm, tegangan heater sebesar 5,0 $\pm$ 0,2 V AC/DC, konsumsi daya sebesar 280 mW $\pm$ 25 mW.
DHT22	Sensor suhu dan kelembaban	Jangkauan operasi kelembaban 0–100% RH dan suhu -40 hingga $80°\mathrm{C}$, akurasi $\pm 2\%$ RH untuk pengukuran kelembaban dan $\pm 0.5°\mathrm{C}$ untuk suhu.
Power Supply	Sumber daya utama sistem untuk menyuplai tegangan ke seluruh komponen	Tegangan keluaran sebesar 5 V dengan arus hingga 16 A, daya maksimum 80 W, efisiensi sekitar 80%.
Converter 5V to 3,3V	Modul konverter tegangan untuk menurunkan tegangan dari 5V ke 3,3V	Arus keluaran 800 mA–1 A, efisiensi konversi sekitar 90%.
OLED Display	Antarmuka tampilan visual pada unit fisik	Berbasis antarmuka I2C dengan resolusi 128×64, tegangan 3.3–5 V.
LED	Indikator visual status kesegaran makanan	Tegangan sekitar 2–3.3 V dengan arus operasi 10–20 mA.

1.4 Spesifikasi Perangkat Lunak

Spesifikasi ini menjabarkan arsitektur perangkat lunak yang digunakan untuk mengelola instruksi mikrokontroler dan antarmuka visual pengguna sistem FRESH-ID.

1. Bahasa Pemrograman: Sistem dikembangkan menggunakan bahasa C/C++ untuk pemrograman mikrokontroler ESP32, serta *JavaScript* untuk pengembangan dashboard web

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

dan integrasi API.

2. Framework: Platform mikrokontroler menggunakan *Arduino Framework* pada ESP32, sedangkan antarmuka web dikembangkan menggunakan *React.js* untuk tampilan interaktif dan responsif.

3. Basis Data: Penyimpanan data real-time dan data historis dilakukan menggunakan *Firebase Realtime Database*, yang memungkinkan sinkronisasi cepat antara perangkat dan dashboard.

4. Protokol Komunikasi: Sistem menggunakan protokol *MQTT* sebagai media komunikasi utama antara perangkat dan server. Perangkat ESP32 mengirimkan data sensor ke broker MQTT, yang kemudian diteruskan dan disimpan ke *Firebase Realtime Database*. MQTT dipilih karena mendukung komunikasi ringan, cepat, dan efisien untuk kebutuhan *real-time monitoring*.

1.5 Kriteria Kinerja dan Evaluasi

Bagian ini menetapkan indikator teknis utama untuk mengukur keberhasilan fungsi sistem FRESH-ID.

1. Sistem harus beroperasi minimal 24 jam tanpa mengalami gangguan, crash, atau penurunan kinerja dalam proses akuisisi dan pengiriman data.

2. Tingkat keberhasilan pengiriman data ke server harus mencapai $\geq$90% untuk menjamin konsistensi pemantauan real-time.

3. Tampilan data, grafik monitoring, dan status kesegaran harus muncul tanpa delay yang signifikan dan dapat diakses melalui browser secara stabil.

2 Solusi / Produk yang Diusulkan

Produk yang diusulkan dalam proyek ini adalah FRESH-ID, yaitu sistem pendeteksi tingkat kesegaran makanan berbasis *Internet of Things* yang dirancang untuk mendukung Badan Gizi Nasional dalam memantau kualitas makanan secara lebih akurat, cepat, dan terukur. Sistem ini memungkinkan proses pemeriksaan sampel makanan dilakukan secara otomatis melalui pengukuran parameter gas dan suhu sebagai indikator pembusukan, sehingga hasil penilaian kualitas dapat ditampilkan secara waktu nyata dan tersimpan dalam basis data terpusat. FRESH-ID tidak hanya menampilkan informasi melalui LCD, FRESH-ID juga menyediakan dashboard web interaktif sebagai media monitoring utama. Dashboard ini menampilkan data pengukuran secara real-time, riwayat pembacaan, grafik perkembangan kualitas pangan, serta status kelayakan konsumsi dalam format visual yang mudah dipahami. Dengan adanya dashboard web, petugas dapat melakukan pemantauan kondisi pangan secara lebih fleksibel dari berbagai perangkat, baik di laboratorium maupun di lapangan. FRESH-ID beroperasi menggunakan kombinasi sensor gas TGS2602, TGS2611, sensor suhu dan kelembaban DHT22, serta modul IoT ESP32 yang telah terbukti handal dalam sistem pemantauan berbasis IoT karena memiliki sensitivitas tinggi, kestabilan pembacaan yang baik, dan kompatibilitas tinggi dengan teknologi mikrokontroler modern.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

2.1 Arsitektur

Arsitektur sistem FRESH-ID dirancang secara modular dan terintegrasi untuk mendukung proses pemantauan kualitas makanan secara otomatis dan berbasis IoT. Sistem ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu subsistem instrumentasi, subsistem kendali, dan subsistem monitoring. Subsistem instrumentasi berfungsi sebagai pengumpul data utama melalui sensor TGS2602 yang mendeteksi gas indikator pembusukan serta sensor DHT22 yang mengukur suhu dan kelembaban sampel. Seluruh data dari sensor dikirimkan ke subsistem kendali berbasis mikrokontroler ESP32 yang berperan sebagai pusat pemrosesan, meliputi filtrasi data, kalibrasi, normalisasi, dan penentuan kategori kesegaran makanan. ESP32 juga menangani fungsi komunikasi IoT dengan mengirimkan data hasil pengolahan ke platform *cloud* untuk penyimpanan dan akses jarak jauh. Subsistem monitoring kemudian mengambil data tersebut dan menyajikannya kepada pengguna melalui dua antarmuka, yaitu OLED/LCD pada unit perangkat untuk tampilan lokal dan *dashboard* web untuk visualisasi grafik, riwayat pengukuran, serta status kualitas pangan secara *real-time*. Dengan arsitektur ini, *FRESH-ID* mampu bekerja secara efisien, terstruktur, dan reliabel dalam mendukung proses pemeriksaan dan pengendalian kualitas makanan.

2.1.1 Subsistem Instrumentasi

*S*ubsistem Instrumentasi merupakan bagian utama dalam sistem FRESH-ID yang bertugas melakukan pengukuran awal terhadap parameter fisik yang menjadi indikator kualitas makanan. Pada subsistem ini, seluruh proses akuisisi data sensor dilakukan secara langsung melalui perangkat pendeteksi seperti sensor gas dan sensor suhu. Selain itu, subsistem ini juga bertanggung jawab melakukan kalibrasi terhadap sensor-sensor yang digunakan untuk memastikan akurasi dan konsistensi pembacaan data. Dengan perannya sebagai komponen pengumpul data primer, Subsistem Instrumentasi memastikan bahwa informasi yang masuk ke sistem memiliki tingkat ketepatan dan konsistensi yang memadai agar hasil analisis kualitas makanan dapat dihasilkan secara akurat dan reliabel.

1. **Sensor Gas TGS2602:** Sensor TGS2602 berfungsi untuk mendeteksi senyawa gas indikator pembusukan seperti Volatile Organic Compounds (VOCs), amonia (NH_3), dan hidrogen sulfida (H_2S). Sensor ini memiliki sensitivitas tinggi terhadap gas-gas yang dihasilkan selama proses degradasi bahan pangan.

2. **Sensor Gas TGS2611:** Sensor TGS2611 bertugas mendeteksi gas metana (CH_4) yang juga muncul dalam proses pembusukan bahan pangan seperti daging dan produk hewani. Sensor ini bekerja dengan prinsip perubahan resistansi akibat paparan gas metana, kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk memperoleh nilai konsentrasi dalam satuan ppm.

3. **Sensor Suhu DHT22:** Sensor DHT22 bertugas membaca kondisi suhu dan kelembaban lingkungan sampel makanan. Data ini digunakan sebagai faktor koreksi untuk interpretasi sensor gas, karena parameter lingkungan dapat memengaruhi pembacaan gas.

4. **Aktuator Lokal:** Menggunakan tiga buah lampu LED (merah, kuning, hijau) pada unit fisik sebagai indikator visual tingkat kesegaran yang dikontrol langsung oleh mikrokontroler.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

2.1.2 Subsistem Kendali

Subsistem Kendali merupakan inti pengolahan data sekaligus pusat distribusi daya pada sistem FRESH-ID. Subsistem ini tidak hanya bertugas memproses sinyal dari sensor dan mengendalikan aktuator, tetapi juga memastikan bahwa seluruh komponen memperoleh suplai daya yang stabil dan sesuai kebutuhan. Dengan demikian, subsistem ini berfungsi sebagai pusat koordinasi baik untuk alur data maupun alur daya pada keseluruhan sistem.

1. **Modul Komunikasi Nirkabel:** Menggunakan modul WiFi yang terintegrasi pada mikrokontroler (ESP32/ESP8266) untuk konektivitas internet.

2. **Protokol Komunikasi IoT:** Menggunakan MQTT untuk pengiriman data yang efisien dan ringan dari perangkat ke broker MQTT di cloud.

3. **Platform Cloud IoT:** Pilihan platform seperti Firebase Realtime Database, Thingspeak, atau AWS IoT Core akan digunakan untuk menerima, menyimpan, dan memproses data sensor. Platform ini menyediakan layanan broker MQTT dan fungsi untuk penyimpanan data.

4. **Basis Data (Database):** Data sensor yang diterima oleh platform cloud akan disimpan dalam basis data (misalnya Firestore di Firebase atau DynamoDB di AWS) untuk data historis dan analisis jangka panjang.

Data di cloud kemudian dapat diakses oleh subsistem visualisasi dan kontrol dari mana saja. Data yang terkumpul dari sensor akan diproses dan difilter di mikrokontroler sebelum dikirim ke subsistem komunikasi. Contoh Penulisan Algoritma di Latex seperti pada Algoritme 1:

Algorithm 1 Pembacaan Sensor Suhu dan LED Control

```
Inisialisasi pin sensor dan LED
while true do
    Baca nilai suhu dari sensor
    if suhu > 30°C then
        Nyalakan LED
    else
        Matikan LED
    end if
    Tunggu 1 detik
end while
```

Contoh Script di Latex seperti pada Listing 1:

Listing 1: Kode Arduino FRESH-ID

2.1.3 Subsistem Visualisasi dan Kontrol Pengguna (Software/Aplikasi) (Optional / Jika ada

*Penjelasan: Fokus pada bagian yang berinteraksi langsung dengan pengguna. Jelaskan antarmuka pengguna (*dashboard *web/mobile), fungsinya (menampilkan data, mengatur threshold, melihat histori), dan bagaimana pengguna dapat memberikan perintah balik ke sistem (jika ada).*

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

Subsistem ini menyediakan antarmuka bagi pengguna untuk memantau kualitas udara, menganalisis data, dan mengonfigurasi sistem.

1. ***Dashboard* Berbasis Web/Mobile:** Aplikasi web (misalnya dengan React atau Vue.js) atau aplikasi mobile (misalnya dengan Flutter atau React Native) yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna utama.

2. **Visualisasi Data Real-time:** Menampilkan grafik dan nilai numerik dari semua parameter sensor secara real-time yang diunduh dari cloud.

3. **Analisis Data Historis:** Menyediakan fitur untuk melihat data sensor historis dalam periode waktu tertentu, membantu identifikasi tren dan pola.

4. **Konfigurasi Sistem:** Memungkinkan pengguna untuk mengatur ambang batas (threshold) konsentrasi gas untuk aktivasi aktuator dan alarm, serta pengaturan parameter sistem lainnya.

5. **Sistem Notifikasi:** Menampilkan peringatan visual di dashboard dan mengirimkan notifikasi (email/pesan) saat ambang batas bahaya terlampaui.

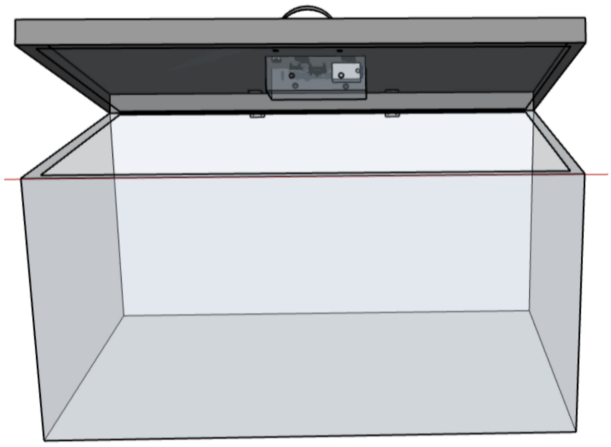
6. **Kontrol Aktuator Jarak Jauh (Opsional):** Memungkinkan pengguna untuk secara manual mengaktifkan/menonaktifkan aktuator (misalnya kipas) dari dashboard, memberikan fleksibilitas tambahan dalam pengendalian.

Subsistem ini menjadi jembatan antara data teknis yang diperoleh dari perangkat keras dan kebutuhan informasi serta kontrol dari pengguna akhir.
FRESH-ID merupakan sistem terintegrasi yang dirancang untuk memantau tingkat kesegaran bahan pangan secara otomatis dan real-time melalui analisis gas hasil pembusukan. Sistem ini menggunakan kombinasi sensor gas TGS2602 dan TGS2611, sensor suhu dan kelembapan DHT22, serta mikrokontroler ESP32 sebagai pusat akuisisi dan pemrosesan data. Data sensor dikirimkan melalui protokol MQTT ke platform cloud untuk kemudian divisualisasikan pada dashboard berbasis web. Dashboard ini menampilkan parameter gas secara real-time, status kesegaran, serta data historis yang membantu pengguna memahami perubahan kualitas bahan pangan. Dengan rancangan ini, FRESH-ID mampu memberikan informasi akurat mengenai kondisi kesegaran makanan secara efisien, praktis, dan mudah dipantau dari mana saja.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

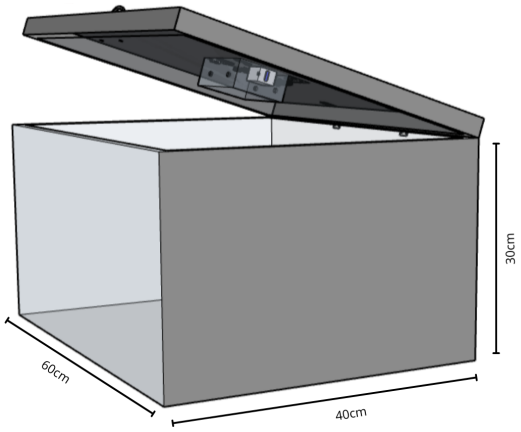
2.2 Perancangan Sistem

2.2.1 Desain Sistem



Gambar EL3.1: Tampak Depan Box FRESH-ID

Gambar EL3.1 menunjukkan tampak depan dari box FRESH-ID yang berfungsi sebagai ruang pengujian sampel makanan. Box dirancang sebagai ruang tertutup untuk menjaga akumulasi gas hasil degradasi bahan pangan sehingga sensor dapat mendeteksi konsentrasi gas secara akurat. Pada bagian penutup box, modul sensor dan mikrokontroler diposisikan secara terintegrasi agar pembacaan sensor tidak mengganggu ruang sampel. Desain penutup yang dapat dibuka memudahkan pengguna dalam memasukkan maupun mengeluarkan sampel, sekaligus tetap menjaga kondisi semi-hermetis ketika box ditutup sehingga sensitivitas sensor tetap optimal. Tampilan ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai bentuk dasar box serta penempatan modul elektronik pada bagian dalam tutup.

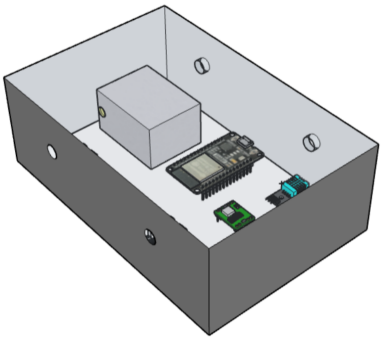


Gambar EL3.2: Detail Box FRESH-ID

Gambar EL3.2 menampilkan detail desain box FRESH-ID dari sudut perspektif miring untuk

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

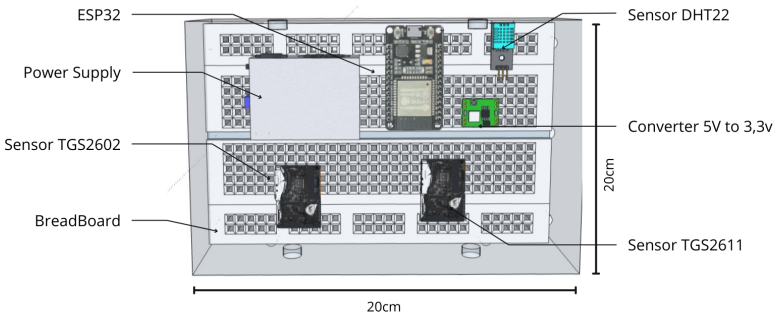
memperjelas dimensi fisik dan konfigurasi internalnya. Box memiliki ukuran sekitar 40 cm (panjang), 60 cm (lebar), dan 30 cm (tinggi), sehingga memberikan ruang yang cukup untuk berbagai sampel seperti daging, ikan, atau produk pangan segar lainnya. Penutup box diperlihatkan dalam posisi terbuka sehingga penempatan sensor gas, sensor suhu, dan mikrokontroler yang berada pada bagian dalam tutup terlihat jelas. Posisi sensor yang menghadap langsung ke ruang sampel memastikan bahwa pembacaan gas dapat dilakukan secara optimal tanpa memerlukan komponen tambahan. Visualisasi ini membantu memberikan gambaran lengkap mengenai struktur, proporsi, dan ergonomi sistem FRESH-ID secara keseluruhan.



Gambar EL3.3: Box Komponen Tampak Samping FRESH-ID

Gambar EL3.3 menunjukkan tampak samping dari box komponen FRESH-ID yang berfungsi sebagai wadah utama untuk menempatkan seluruh rangkaian elektronik. Desain ini memperlihatkan bagaimana komponen ditempatkan secara terorganisir di dalam box, termasuk posisi modul ESP32, sensor-sensor pendukung, serta power supply. Tampak samping ini memberikan gambaran umum mengenai tata letak internal sekaligus memastikan bahwa setiap komponen memiliki ruang ventilasi yang memadai serta penempatan yang aman dari potensi gangguan fisik. Desain box dibuat dengan mempertimbangkan kemudahan akses sehingga proses perawatan atau pemeriksaan rangkaian dapat dilakukan tanpa kesulitan.

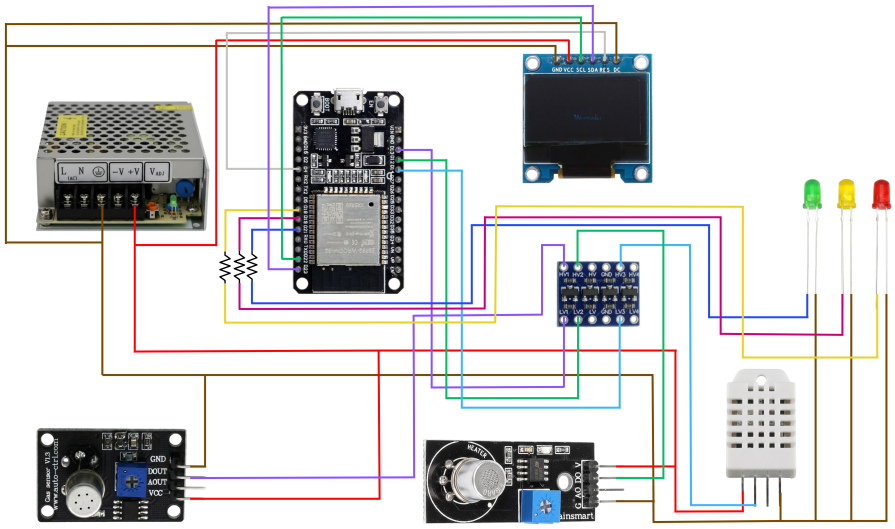
© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.



Gambar EL3.4: Detail Komponen pada FRESH-ID

Gambar EL3.4 menampilkan detail lengkap susunan komponen pada box FRESH-ID dari pandangan atas. Dalam desain ini terlihat bahwa rangkaian tidak menggunakan breadboard, melainkan PCB sebagai media utama pemasangan komponen untuk meningkatkan kestabilan dan keandalan sistem. Modul ESP32 ditempatkan pada bagian atas sebagai pusat pemrosesan data, disertai power supply dan converter 5V ke 3.3V yang memastikan setiap komponen memperoleh tegangan sesuai kebutuhan. Dua sensor gas, TGS2602 dan TGS2611, diposisikan pada area yang berdekatan dengan ruang sampel agar mampu mendeteksi konsentrasi gas secara optimal. Sensor DHT22 ditempatkan pada sisi atas untuk membaca suhu serta kelembapan lingkungan internal box. Tata letak komponen pada PCB dirancang sedemikian rupa agar jalur wiring tertata rapi, mengurangi kemungkinan noise, dan mempermudah proses perawatan sistem. Visualisasi ini menggambarkan susunan aktual perangkat keras yang menjadi inti dari sistem pemantauan kesegaran FRESH-ID.

2.2.2 Wiring Diagram Perancangan Sistem

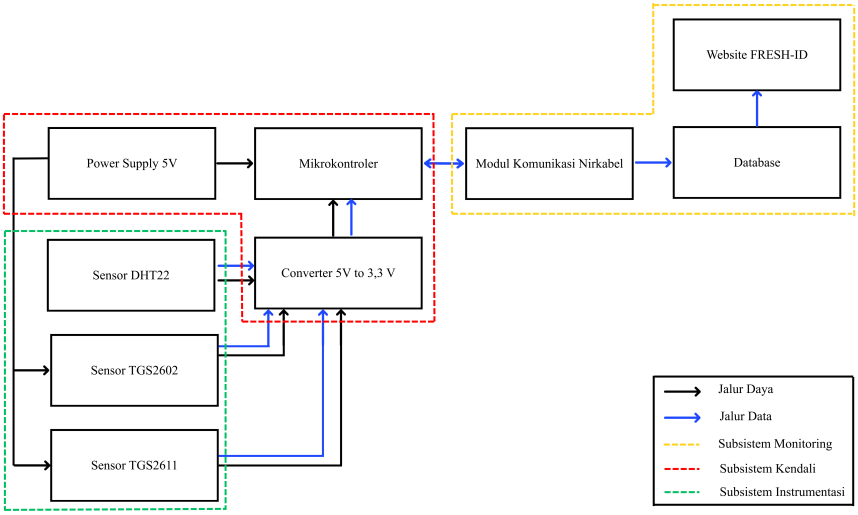


Gambar EL3.5: Wiring Diagram FRESH-ID

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

Wiring diagram pada Gambar EL3.5 memperlihatkan hubungan antar komponen utama sistem FRESH-ID yang terdiri dari ESP32, sensor gas TGS2602 dan TGS2611, sensor suhu dan kelembapan DHT22, modul OLED display, modul regulator daya, serta indikator LED. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan data yang menerima sinyal analog dari kedua sensor gas serta data digital dari DHT22. Setiap sensor terhubung ke pin input yang sesuai pada ESP32 dengan distribusi catu daya 5V dan 3.3V yang disediakan melalui modul power supply untuk menjaga kestabilan kerja perangkat. OLED display menggunakan jalur komunikasi I2C sehingga memungkinkan ESP32 menampilkan nilai pembacaan secara real-time. Indikator LED dikendalikan melalui pin output ESP32 untuk memberikan penanda visual terhadap status kesegaran bahan. Seluruh jalur ground dihubungkan menjadi satu untuk menghindari perbedaan referensi tegangan, sementara penataan wiring dibuat serapi mungkin guna meminimalkan noise terutama pada pembacaan sensor gas. Rangkaian ini memastikan semua komponen dapat berfungsi secara terpadu sehingga proses akuisisi, pengolahan, dan pengiriman data berjalan stabil.

2.2.3 Diagram Blok Hubungan antar Subsistem



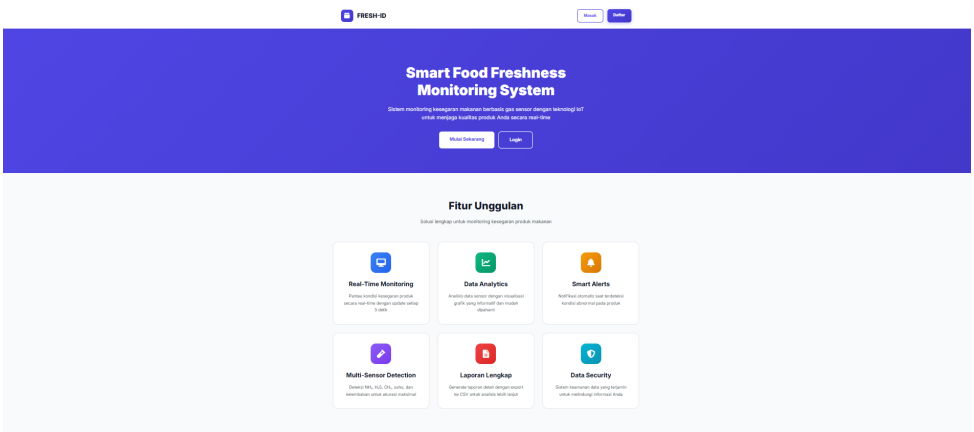
Gambar EL3.6: Diagram Arsitektur Subsistem FRESH-ID

Gambar EL3.6 menunjukkan diagram arsitektur subsistem FRESH-ID yang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu Subsistem Instrumentasi, Subsistem Kendali, dan Subsistem Monitoring. Pada bagian Subsistem Instrumentasi (garis hijau), sensor DHT22, TGS2602, dan TGS2611 melakukan akuisisi parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, serta konsentrasi gas indikator pembusukan. Seluruh sensor menerima suplai daya dari power supply melalui jalur daya 5V dan 3.3V yang diatur menggunakan modul converter. Data hasil pengukuran kemudian dikirim ke mikrokontroler melalui jalur data digital maupun analog. Subsistem Kendali (garis merah) mencakup mikrokontroler yang berfungsi sebagai pemroses utama data sensor, pengatur alur daya, dan pusat pengiriman data ke platform monitoring. Mikrokontroler terhubung dengan modul komunikasi nirkabel yang menggunakan protokol MQTT untuk mengirimkan data secara efisien dan real-time. Subsistem Monitoring (garis kuning) terdiri dari server database yang menerima dan menyimpan data sensor, serta dashboard website FRESH-ID yang menampilkan informasi kesegaran secara real-time kepada pengguna. Diagram ini mem-

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

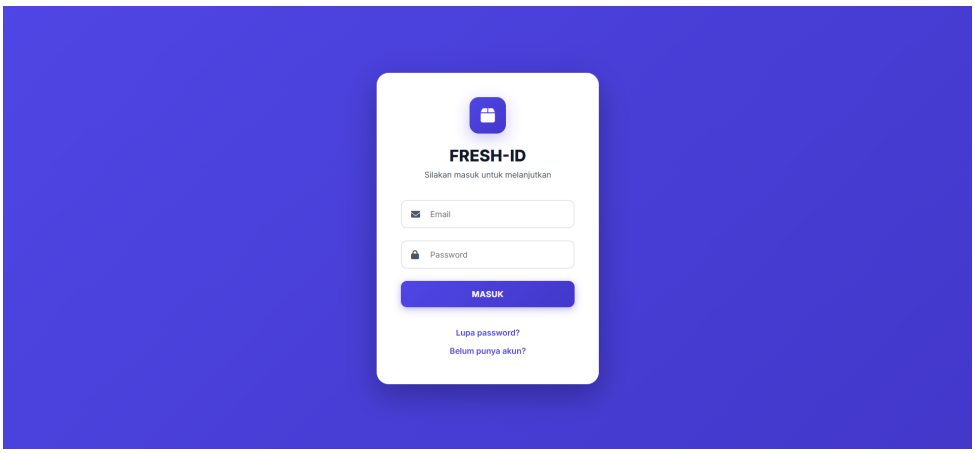
berikan gambaran alur kerja sistem mulai dari akuisisi data, pemrosesan, hingga penyajian informasi kepada pengguna secara terstruktur dan terpadu.

2.2.4 Desain Tampilan Dashboard



Gambar EL3.7: Tampilan antarmuka website FRESH-ID

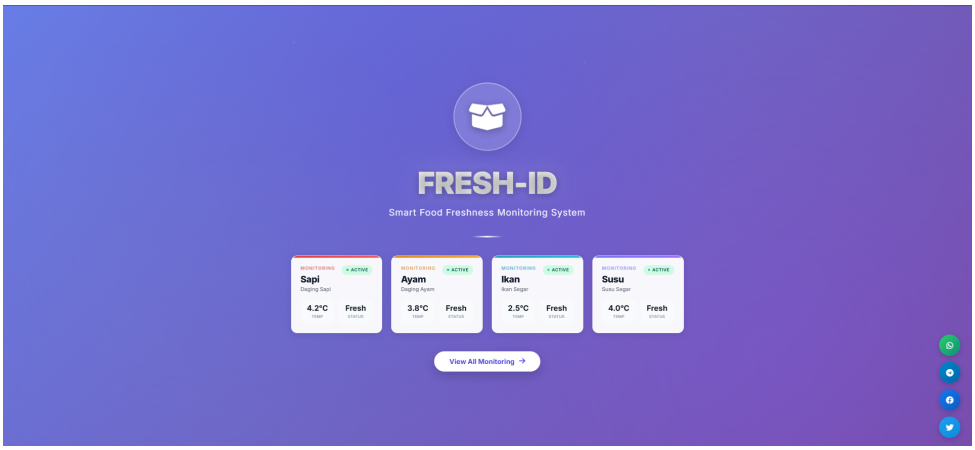
Pada Gambar EL3.7 website menampilkan desain modern dengan dominasi warna biru ungu yang profesional. Bagian navigasi atas memuat logo FRESH-ID di kiri dan tombol "Masuk" serta "Daftar" di kanan. Hero section menggunakan latar gradasi ungu dengan judul besar "Smart Food Freshness Monitoring System" yang langsung menjelaskan fungsi utama sebagai sistem monitoring kesegaran makanan berbasis gas sensor dan teknologi IoT secara *real-time*. Terdapat dua tombol *call-to-action* yaitu "Mulai Sekarang" dan "Login" yang kontras dengan *background* sehingga mudah terlihat. Bagian "Fitur Unggulan" menampilkan 6 fitur utama dalam bentuk *card grid* yang rapi. Fitur-fitur tersebut meliputi *Real-Time Monitoring* dengan update data setiap 3 detik, *Data Analytics* untuk visualisasi grafik informatif, *Smart Alerts* dengan sistem notifikasi otomatis ketika terdeteksi kondisi abnormal, *Multi-Sensor Detection* yang dapat mendeteksi parameter NH_3, H_2S, CH_4, suhu dan kelembaban, Laporan Lengkap dengan fitur *export* ke CSV, serta *Data Security* untuk menjamin keamanan informasi pengguna.



Gambar EL3.8: Tampilan menu login FRESH-ID

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

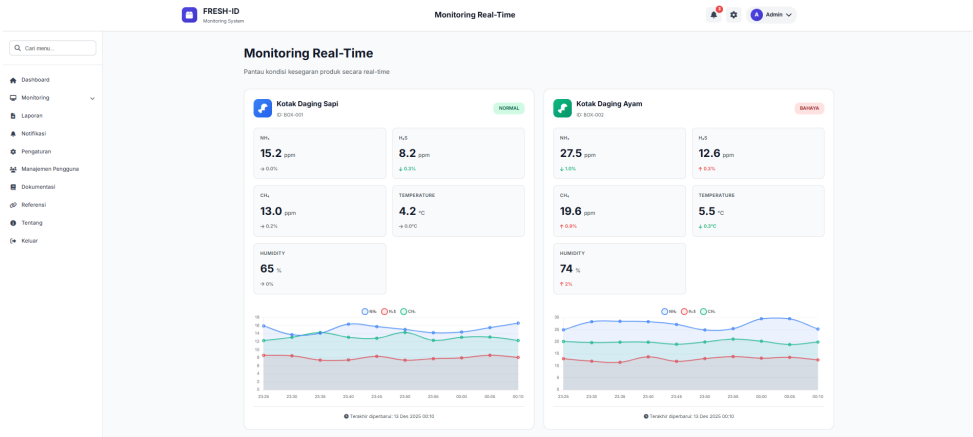
Pada Gambar EL3.8 Halaman login menampilkan antarmuka yang lebih sederhana namun tetap konsisten dengan desain keseluruhan website menggunakan latar gradasi biru ungu yang sama. *Card* putih di tengah layar memuat elemen-elemen login dengan layout yang rapi dan minimalis. Logo FRESH-ID dengan ikon kotak ungu ditempatkan di bagian atas, diikuti judul tebal "FRESH-ID" dan teks instruksi "Silakan masuk untuk melanjutkan" yang memberikan konteks jelas tentang fungsi halaman ini. Form login hanya terdiri dari dua kolom input yaitu Email dengan ikon amplop dan Password dengan ikon gembok, membuat proses login menjadi cepat dan tidak rumit. Tombol "MASUK" menggunakan warna biru ungu solid yang sama dengan halaman registrasi untuk konsistensi visual. Di bagian bawah form terdapat dua link tambahan yaitu "Lupa password?" untuk pemulihan akun dan "Belum punya akun?" yang mengarah ke halaman registrasi, keduanya menggunakan warna biru yang mudah dikenali sebagai elemen interaktif dan memberikan opsi navigasi yang lengkap bagi pengguna.



Gambar EL3.9: Dashboard FRESH-ID

Pada Gambar EL3.9 Halaman dashboard menampilkan antarmuka monitoring utama dengan latar belakang gradasi biru ungu yang konsisten. Di bagian tengah atas terdapat logo FRESH-ID berbentuk lingkaran dengan ikon kotak putih, diikuti judul besar "FRESH-ID" dan subtitle "Smart Food Freshness Monitoring System" yang memberikan identitas jelas sistem ini. Area utama dashboard menampilkan empat *card* monitoring yang tersusun horizontal dengan desain putih bersudut melengkung dan border berwarna berbeda untuk setiap jenis sampel. Setiap card memuat label "MONITORING" dengan badge hijau "ACTIVE" di pojok kanan atas, nama produk yang dimonitor seperti Sapi, Ayam, Ikan, dan Susu beserta deskripsi singkatnya, serta dua informasi penting yaitu suhu dalam derajat Celcius dan status kesegaran yang ditampilkan dengan label "Fresh". Di bawah deretan card monitoring terdapat tombol "View All Monitoring" dengan warna putih dan teks biru yang mengajak pengguna untuk melihat detail lengkap. Di sisi kanan layar tersedia *floating button* media sosial berwarna hijau, biru, dan biru muda untuk WhatsApp, Telegram, Facebook, dan Twitter yang memudahkan pengguna untuk berbagi informasi atau menghubungi support.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

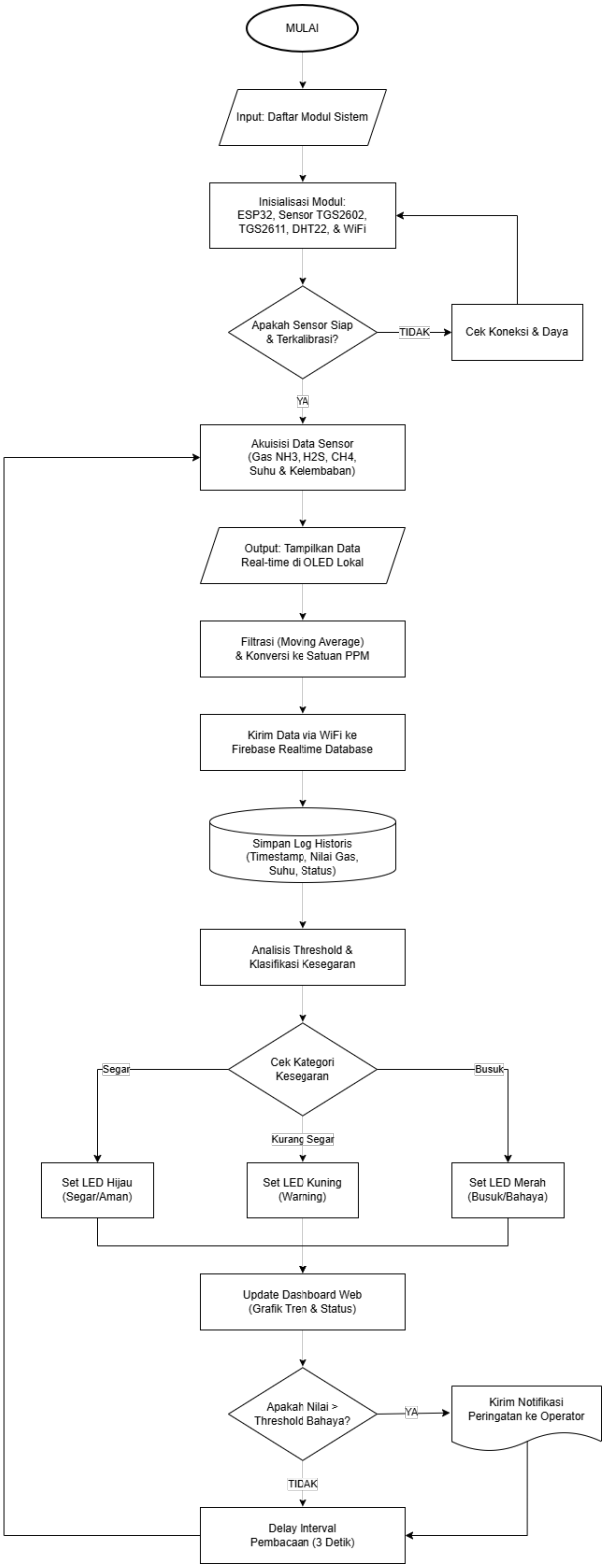


Gambar EL3.10: Fitur menu monitoring FRESH-ID

Pada Gambar EL3.10 Halaman monitoring *real-time* menampilkan antarmuka yang lebih komprehensif dengan latar putih bersih untuk memaksimalkan keterbacaan data. Di bagian kiri terdapat sidebar navigasi dengan logo FRESH-ID di atas dan kolom pencarian menu, diikuti daftar menu lengkap seperti Dashboard, Monitoring dengan submenu, Laporan, Notifikasi, Pengaturan, Manajemen Pengguna, Dokumentasi, Referensi, Tentang, dan Keluar. Header atas memuat judul halaman "Monitoring Real-Time", ikon notifikasi dengan badge merah, ikon pengaturan, serta informasi user Admin di pojok kanan. Area konten utama menampilkan judul "Monitoring Real-Time" dengan subtitle "Pantau kondisi kesegaran produk secara real-time" yang memberikan konteks jelas. Terdapat dua *card* besar untuk Kotak Daging Sapi dengan badge "NORMAL" berwarna hijau dan Kotak Daging Ayam dengan badge "BAHAYA" berwarna merah, masing-masing dilengkapi ID box. Setiap card menampilkan tiga parameter gas utama NH_3, H_2S, dan CH_4 dengan nilai dalam ppm beserta indikator tren naik atau turun dalam persentase, parameter TEMPERATURE dalam derajat Celcius dengan tren warna merah atau hijau, dan HUMIDITY dalam persentase dengan tren. Di bagian bawah setiap card terdapat grafik *line chart* yang menampilkan tiga garis berwarna biru, hijau, dan merah untuk memvisualisasikan perubahan NH_3, H_2S, dan CH_4 sepanjang waktu dengan label timestamp di sumbu horizontal, serta informasi terakhir diperbarui di bawah grafik.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

2.2.5 Diagram Alir Perancangan Sistem



Gambar EL3.11: Diagram Alir perancangan sistem FRESH-ID

Pada Gambar EL3.19 menunjukkan alur kerja sistem FRESH-ID dimulai dengan tahap inisialisasi perangkat keras segera setelah catu daya dihidupkan. Pada fase awal ini, mikrokontroler ESP32 bertugas memverifikasi kesiapan seluruh modul, meliputi sensor kualitas udara

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

(TGS2602, TGS2611), sensor lingkungan (DHT22), serta konektivitas WiFi. Terdapat mekanisme validasi otomatis di tahap ini; apabila sensor terdeteksi belum siap atau gagal kalibrasi, sistem tidak akan memaksakan proses lanjut, melainkan masuk ke prosedur pengecekan koneksi dan daya, lalu melakukan *looping* kembali ke tahap inisialisasi hingga seluruh komponen dipastikan berfungsi normal. Hal ini dirancang untuk mencegah pembacaan data yang tidak valid (*false reading*) akibat kesalahan perangkat keras.

Setelah sistem dinyatakan siap, proses beralih ke tahap akuisisi dan pengolahan data. Sensor-sensor akan membaca parameter gas amonia (NH_3), hidrogen sulfida (H_2S), metana (CH_4), serta suhu dan kelembaban secara bersamaan. Data mentah dari sensor tersebut tidak langsung ditransmisikan, melainkan melalui proses filtrasi digital menggunakan metode *Moving Average* untuk meredam *noise*, kemudian dikonversi ke dalam satuan PPM (*Parts Per Million*) agar nilainya terstandarisasi. Sebagai bentuk antarmuka lokal, data hasil pembacaan ditampilkan secara *real-time* pada layar OLED agar pengguna di lokasi dapat memantau kondisi tanpa perlu membuka perangkat lain.

Fase selanjutnya adalah komunikasi dan analisis cerdas (*backend intelligence*). Data yang telah terolah dikirimkan melalui jaringan WiFi menuju *Firebase Realtime* Database untuk keperluan penyimpanan log historis (timestamp). Secara paralel, sistem melakukan analisis komparasi nilai gas terhadap *threshold* (ambang batas) yang telah ditetapkan untuk mengklasifikasikan tingkat kesegaran daging. Hasil klasifikasi ini dieksekusi menjadi keluaran fisik berupa indikator LED: hijau menandakan kondisi segar (aman), kuning untuk kondisi mulai menurun (warning), dan merah untuk kondisi busuk.

Pada tahap akhir, sistem memvisualisasikan seluruh data tren dan status kesegaran ke dalam *dashboard* web yang dapat diakses operator jarak jauh. Sistem juga dilengkapi fitur keamanan kritis, jika hasil analisis mendeteksi kadar gas telah melampaui ambang batas bahaya, sistem akan memicu pengiriman notifikasi peringatan (*alert*) secara langsung kepada operator. Siklus operasional ini diakhiri dengan jeda waktu (*delay*) selama 3 detik untuk menjaga stabilitas pembacaan, sebelum sistem secara otomatis kembali ke tahap akuisisi data untuk memulai siklus pemantauan berikutnya.

2.3 Fitur Utama

Sistem FRESH-ID dirancang dengan serangkaian fitur utama yang mengintegrasikan kemampuan deteksi gas, pemrosesan data lokal, dan visualisasi berbasis web untuk mendukung pemantauan kesegaran pangan secara komprehensif. Fitur-fitur ini dikembangkan berdasarkan analisis kebutuhan pengguna dan kondisi operasional di lapangan, sehingga mampu memberikan solusi yang praktis, efisien, dan akurat dalam mendeteksi tanda-tanda awal pembusukan makanan. Berikut adalah daftar fitur utama yang diimplementasikan dalam sistem FRESH-ID:

1. **Deteksi Multi-Gas Indikator Pembusukan:** Sistem mengintegrasikan sensor TGS2602 untuk mendeteksi Volatile Organic Compounds (VOCs), amonia (NH_3), dan hidrogen sulfida (H_3S), serta sensor TGS2611 untuk mendeteksi metana (CH_4).

2. **Pemantauan Parameter Lingkungan:** Sensor DHT22 terintegrasi untuk mengukur suhu dan kelembapan lingkungan secara real-time. Data parameter lingkungan ini di-

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

gunakan sebagai faktor kompensasi untuk pembacaan sensor gas, meningkatkan akurasi deteksi dengan memperhitungkan pengaruh kondisi eksternal terhadap respons sensor semikonduktor.

3. **Klasifikasi Kesegaran Otomatis Berbasis Threshold:** Sistem menerapkan algoritma klasifikasi berbasis ambang batas (*threshold-based classification*) yang membandingkan konsentrasi gas terdeteksi dengan nilai referensi hasil kalibrasi. Berdasarkan hasil pembandingan, sistem secara otomatis mengklasifikasikan status kesegaran menjadi tiga kategori: SEGAR (gas di bawah batas aman), KURANG SEGAR (gas pada rentang menengah), dan BUSUK (gas melebihi batas bahaya).

4. **Tampilan Status Lokal Real-Time pada LCD:** LCD 16x2 dengan modul I2C menampilkan status kesegaran bahan pangan secara langsung di lokasi pengujian. Informasi yang ditampilkan meliputi status klasifikasi (SEGAR/KURANG SEGAR/BUSUK), nilai konsentrasi gas utama (NH_3, H_2S, CH_4), serta parameter suhu dan kelembapan. Fitur ini memungkinkan pengambilan keputusan cepat tanpa memerlukan akses internet atau perangkat tambahan.

5. **Komunikasi IoT dan Transmisi Data ke Cloud:** Modul Wi-Fi terintegrasi pada ESP32 memfasilitasi pengiriman data sensor secara otomatis ke server database melalui protokol HTTP. Data yang dikirim meliputi timestamp, nilai sensor gas, suhu, kelembapan, dan status kesegaran. Pengiriman data dilakukan dengan interval reguler untuk memastikan kontinuitas pemantauan dan meminimalkan beban jaringan.

6. **Dashboard Web Interaktif untuk Visualisasi Data:** Platform web menyediakan antarmuka grafis yang intuitif untuk memvisualisasikan data sensor dalam bentuk grafik tren, tabel data historis, dan indikator status kesegaran. Dashboard dapat diakses dari berbagai perangkat (komputer, tablet, smartphone) melalui browser web, memungkinkan pemantauan jarak jauh secara real-time tanpa instalasi aplikasi tambahan.

7. **Sistem Filtering dan Noise Reduction:** Implementasi algoritma *moving average filter* pada firmware mikrokontroler untuk mengurangi fluktuasi dan noise pada pembacaan sensor analog. Proses filtering meningkatkan stabilitas data dan mengurangi risiko false positive/negative dalam klasifikasi kesegaran, sehingga hasil deteksi lebih konsisten dan dapat diandalkan.

8. **Mode Pemanasan Sensor Otomatis:** Sistem dilengkapi dengan prosedur *warm-up* otomatis untuk sensor gas tipe semikonduktor. Setelah perangkat dinyalakan, sistem akan menunggu periode pemanasan (2–3 menit) sebelum melakukan pengukuran aktif, memastikan elemen pemanas sensor mencapai suhu operasional stabil sehingga hasil pembacaan lebih akurat dan reliabel.

9. **Antarmuka Responsif Multi-Platform:** Dashboard web dirancang dengan prinsip *responsive web design*, memungkinkan penyesuaian tampilan otomatis berdasarkan ukuran layar perangkat pengguna. Fitur ini memastikan pengalaman pengguna yang optimal baik saat diakses melalui desktop, tablet, maupun smartphone, meningkatkan aksesibilitas dan kemudahan pemantauan di berbagai situasi operasional.

10. **Penyimpanan Data Historis untuk Analisis Tren:** Seluruh data sensor yang dikirimkan ke server disimpan dalam database untuk keperluan analisis jangka panjang. Pengguna dapat mengakses riwayat data, membandingkan tren perubahan kesegaran dari

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

waktu ke waktu, serta mengidentifikasi pola pembusukan untuk berbagai jenis bahan pangan, mendukung evaluasi kualitas dan pengambilan keputusan berbasis data.

2.4 Keunggulan Dibandingkan Solusi Lain

Sistem FRESH-ID menawarkan sejumlah keunggulan signifikan dibandingkan solusi pemantauan kesegaran pangan yang telah ada, baik produk komersial maupun prototipe penelitian terdahulu. Keunggulan ini didasarkan pada analisis gap yang dilakukan terhadap sistem existing dan disesuaikan dengan kebutuhan spesifik pemantauan kualitas pangan dalam konteks program Makanan Bergizi Gratis (MBG) di Indonesia.

1. **Pemantauan Real-Time Berbasis IoT dengan Aksesibilitas Tinggi:** Berbeda dengan sistem kemasan cerdas berbasis NFC yang hanya aktif saat dipindai manual, FRESH-ID menyediakan transmisi data otomatis dan berkelanjutan ke platform cloud. Fitur ini memungkinkan Badan Gizi Nasional (BGN) untuk melakukan pemantauan terpusat terhadap multiple titik distribusi makanan secara simultan dan real-time, tanpa memerlukan inspeksi fisik di setiap lokasi (Naik et al., 2024).

2. **Deteksi Gas Pembusukan Spesifik dengan Sensor Selektif:** Sistem ini menggunakan sensor TGS2602 dan TGS2611 yang memiliki selektivitas lebih tinggi terhadap gas indikator pembusukan spesifik (NH_3, H_2S, CH_4) dibandingkan sensor generik seperti MQ2. Pendekatan ini menghasilkan *spoilage fingerprint* yang lebih akurat dan mengurangi risiko false positive yang sering terjadi pada sistem dengan sensor non-spesifik (Aatikah et al., 2023).

3. **Kompensasi Parameter Lingkungan untuk Akurasi Optimal:** FRESH-ID mengintegrasikan sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembapan sebagai faktor koreksi pembacaan sensor gas. Mekanisme kompensasi ini mengatasi kelemahan sensor MOS yang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan, menghasilkan data yang lebih stabil dan reliabel dibandingkan sistem yang tidak memiliki kompensasi termal (Li et al., 2021).

4. **Dual Interface (Lokal dan Remote Monitoring):** Sistem menyediakan dua mode operasi yang komplementer, tampilan LCD lokal untuk pengambilan keputusan cepat di lapangan tanpa ketergantungan internet, dan dashboard web untuk pemantauan jarak jauh serta analisis tren historis. Fleksibilitas ini memberikan nilai tambah signifikan dibandingkan sistem yang hanya mengandalkan satu mode operasi.

5. **Skalabilitas dan Integrasi Multi-Device:** Arsitektur IoT yang digunakan memungkinkan penambahan multiple sensor nodes yang terhubung ke satu dashboard terpusat, mendukung kebutuhan pemantauan skala besar seperti gudang distribusi atau dapur pusat program MBG dengan investasi infrastruktur yang minimal.

6. **Data Historis untuk Analisis Prediktif:** Berbeda dengan sistem display-only yang hanya menampilkan kondisi saat ini, FRESH-ID menyimpan seluruh riwayat data dalam database cloud, memungkinkan analisis tren pembusukan, identifikasi pola berdasarkan jenis bahan pangan, serta optimasi prosedur penyimpanan berdasarkan data empiris.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

2.5 Justifikasi Pemilihan

Pemilihan komponen dan arsitektur sistem FRESH-ID dilakukan melalui proses evaluasi komparatif terhadap berbagai alternatif solusi teknis. Setiap keputusan desain didasarkan pada pertimbangan komprehensif mencakup aspek kinerja teknis, efisiensi biaya, kemudahan implementasi, serta kesesuaian dengan kebutuhan aplikasi pemantauan kesegaran pangan. Berikut adalah justifikasi atas pilihan-pilihan utama yang diambil dalam perancangan sistem:

Alternatif 1: Pemilihan Mikrokontroler ESP32 vs Alternatif Lain

1. **ESP32 (Dipilih):** Mikrokontroler ini menawarkan prosesor dual-core 240MHz dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, 34 GPIO pins, 18 channel ADC 12-bit, dan dukungan protokol komunikasi lengkap (I2C, SPI, UART). Harga terjangkau (Rp 55.000) dengan ekosistem pengembangan yang matang melalui Arduino IDE dan ESP-IDF.

2. **Arduino Uno + ESP8266 (Tidak Dipilih):** Kombinasi ini memerlukan dua board terpisah dengan koneksi serial, meningkatkan kompleksitas wiring dan konsumsi daya. Arduino Uno memiliki keterbatasan jumlah pin analog (hanya 6 pins) yang tidak mencukupi untuk ekspansi sensor di masa depan. Total biaya kombinasi juga tidak lebih efisien dibandingkan ESP32 standalone.

3. **Raspberry Pi (Tidak Dipilih):** Meskipun menawarkan kemampuan komputasi superior, Raspberry Pi memiliki konsumsi daya yang jauh lebih tinggi (2.5W vs 0.5W ESP32), memerlukan sistem operasi penuh yang menambah kompleksitas setup, dan harga signifikan lebih mahal (>Rp 800.000). Kemampuan komputasi berlebihan untuk aplikasi pembacaan sensor sederhana dan klasifikasi threshold.

Alternatif 2: Pemilihan Sensor Gas TGS Series vs MQ Series

1. **TGS2602 & TGS2611 (Dipilih):** Sensor Figaro TGS series menawarkan selektivitas lebih tinggi terhadap gas target spesifik dengan karakteristik drift rendah dan lifetime operasional panjang (>5 tahun). Datasheet menyediakan kurva karakteristik terperinci dan model matematis untuk konversi resistansi ke konsentrasi gas, memfasilitasi kalibrasi akurat.

2. **MQ Series (Tidak Dipilih):** Sensor MQ-135, MQ-2, atau MQ-4 memiliki selektivitas rendah dan memberikan respons terhadap berbagai gas secara simultan tanpa diskriminasi yang jelas. Kurva karakteristik dari pabrikan sering tidak konsisten antar batch produksi, menyulitkan kalibrasi. Meskipun harganya lebih murah, akurasi dan reliabilitas yang rendah tidak sesuai dengan kebutuhan aplikasi food safety yang kritis.

Alternatif 3: Pemilihan Protokol Komunikasi MQTT vs HTTP

1. **MQTT (Dipilih):** Protokol MQTT dipilih karena lebih efisien dalam pengiriman data sensor secara periodik dengan interval 5–10 detik. MQTT memiliki overhead paket sangat kecil, latency rendah, serta mendukung komunikasi real-time melalui mekanisme publish–subscribe. Protokol ini juga lebih stabil untuk perangkat IoT seperti ESP32, terutama ketika koneksi Wi-Fi tidak selalu stabil. Penggunaan broker MQTT seperti Mosquitto atau HiveMQ memudahkan manajemen topik dan membuat sistem lebih scalable untuk pengembangan FRESH-ID ke beberapa node sensor di masa depan.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

2. **HTTP POST/GET (Tidak Dipilih):** Protokol HTTP sebenarnya mudah diimplementasikan dan kompatibel dengan banyak platform hosting, namun memiliki overhead paket yang lebih besar dan tidak dirancang untuk komunikasi real-time yang bersifat terus-menerus. Pengiriman data sensor secara berkala melalui HTTP dapat meningkatkan beban jaringan, memperbesar latensi, serta kurang efisien untuk skenario IoT. Selain itu, HTTP tidak mendukung model publish–subscribe sehingga kurang fleksibel apabila sistem FRESH-ID dikembangkan menjadi multi-sensor atau multi-user.

Justifikasi pemilihan komponen di atas telah mempertimbangkan trade-off antara kinerja, biaya, kompleksitas implementasi, dan kesesuaian dengan kebutuhan aplikasi. Keputusan akhir yang diambil menghasilkan arsitektur sistem yang optimal untuk fase prototipe dengan tetap membuka peluang untuk upgrade dan skalabilitas di masa mendatang.

3 Rencana Implementasi

Bagian ini menjelaskan rencana pelaksanaan proyek FRESH-ID secara terstruktur mulai dari tahap perencanaan hingga evaluasi akhir. Seluruh proses implementasi disusun berdasarkan manajemen proyek yang terdiri dari perencanaan, desain, implementasi, pengujian, dan dokumentasi. Rencana ini bertujuan memastikan sistem FRESH-ID dapat dibangun secara efisien, sesuai waktu, serta memenuhi kebutuhan fungsi dan kinerja.

3.1 Struktur Pemecahan Kerja (WBS)

1. **Fase 1: Perencanaan dan Analisis (Minggu 1-6)**
   (a) WBS 1.1: Analisis kebutuhan sistem FRESH-ID
   (b) WBS 1.2: Studi literatur terkait sistem monitoring kesegaran pangan berbasis IoT
   (c) WBS 1.3: Identifikasi permasalahan sistem monitoring pangan terdahulu
   (d) WBS 1.4: Penentuan komponen utama dan pendukung serta finalisasi bentuk alat
   (e) WBS 1.5: Pembuatan Dokumen EL1
   (f) WBS 1.6: Pembuatan Dokumen EL2
2. **Fase 2: Desain Sistem (Minggu 7-8)**
   (a) WBS 2.1: Perancangan diagram blok sistem FRESH-ID
   (b) WBS 2.2: Perancangan rangkaian skematik keseluruhan
   (c) WBS 2.3: Perancangan sistem komunikasi IoT
   (d) WBS 2.4: Desain layout modul dan tata letak komponen dalam enclosure
   (e) WBS 2.5: Desain 3D box FRESH-ID dan mekanisme pengujian gas
   (f) WBS 2.6: Perancangan halaman dashboard FRESH-ID
   (g) WBS 2.7: Perancangan basis data
3. **Fase 3: Implementasi (Minggu 9-12)**
   (a) WBS 3.1: Perakitan Hardware dan Wiring

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

(b) WBS 3.2: Pengembangan Firmware Mikrokontroler (Pembacaan sensor, Kontrol Aktuator)
(c) WBS 3.3: Integrasi Komunikasi IoT (MQTT, Koneksi Cloud)
(d) WBS 3.4: Pengembangan Backend Aplikasi (API, Logika Bisnis)
(e) WBS 3.5: Pengembangan Frontend Aplikasi (Dashboard Web/Mobile)

4. **Fase 4: Pengujian dan Kalibrasi (Minggu 11-13)**
   (a) WBS 4.1: Pengujian Fungsionalitas Hardware
   (b) WBS 4.2: Kalibrasi Sensor dan Validasi Akurasi
   (c) WBS 4.3: Pengujian Integrasi Sistem End-to-End
   (d) WBS 4.4: Pengujian Performa dan Stabilitas Sistem
   (e) WBS 4.5: Pengujian Antarmuka Pengguna (UAT)
5. **Fase 5: Dokumentasi dan Pelaporan (Minggu 14-16)**
   (a) WBS 5.1: Penulisan Laporan Akhir
   (b) WBS 5.2: Pembuatan Buku Panduan Pengguna
   (c) WBS 5.3: Persiapan Presentasi dan Poster

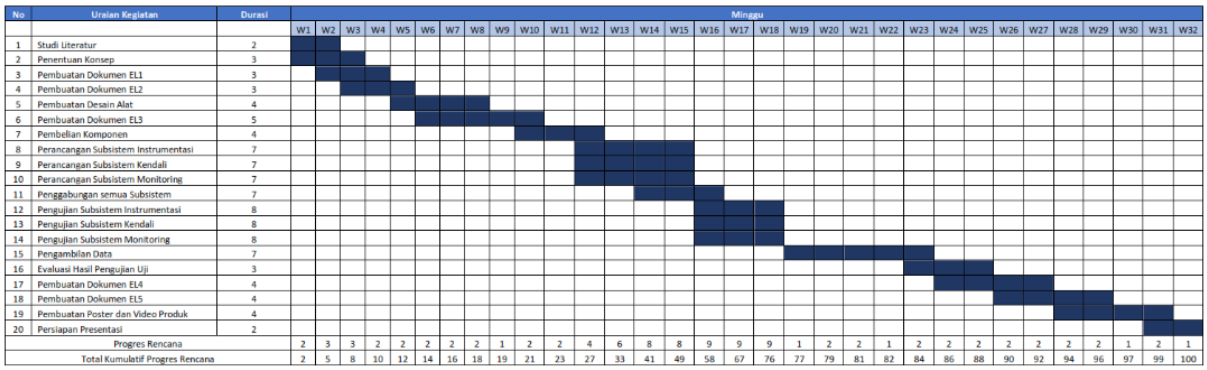
3.2 Jadwal (Diagram Gantt)

*B*agian ini memaparkan jadwal pelaksanaan proyek menggunakan *Gantt Chart*. Visualisasi ini menampilkan durasi setiap aktivitas berdasarkan Work Breakdown Structure (WBS) serta urutan dan keterkaitan antar tugas. Pada proyek ini, *Gantt Chart* mencakup informasi seperti nama aktivitas, lama pengerjaan, waktu mulai, waktu selesai, dan hubungan antar fase. Seluruh tugas pada WBS ditempatkan secara berurutan sepanjang linimasa proyek selama 32 minggu.
Pembagian waktu proyek dirumuskan ke dalam beberapa tahap sebagai berikut:

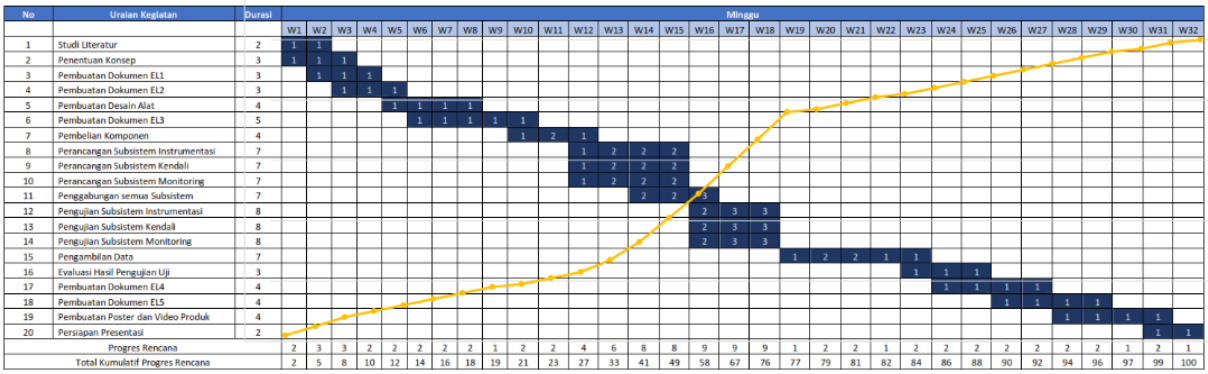
1. **Minggu 1-6**: Perencanaan awal, studi literatur, penentuan konsep, pembuatan desain alat, dan penyusunan dokumen EL1–EL3.
2. **Minggu 7-11**: Pembelian komponen serta mulai perancangan subsistem.
3. **Minggu 12-18**: Implementasi dan pengujian subsistem (instrumentasi, kendali, monitoring) serta integrasi awal subsistem.
4. **Minggu 19-25**: Pengambilan data dan evaluasi hasil pengujian pada subsistem serta pengujian sistem keseluruhan.
5. **Minggu 26-32**: Penyusunan dokumen akhir (EL4–EL5), pembuatan poster, video produk, dan persiapan presentasi.

Gambar EL3.1 menampilkan *Gantt Chart* yang menggambarkan alur waktu pengerjaan proyek secara menyeluruh. Setiap bar mewakili satu aktivitas dengan panjang yang menunjukkan durasinya. Pewarnaan bar memberikan indikasi tahap pengerjaan mulai dari perencanaan, implementasi, pengujian, hingga dokumentasi. Melalui visualisasi ini, distribusi waktu, urutan pekerjaan, dan hubungan antar aktivitas dapat dipahami sebelum memasuki rincian tiap fase.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.



Gambar EL3.1: Grafik Gantt Proyek FRESH-ID



Gambar EL3.2: Kurva S Proyek FRESH-ID

3.3 Pembagian Tugas Tim

Penjelasan: Jelaskan alokasi tanggung jawab masing-masing anggota tim untuk setiap tugas atau subsistem utama. Ini menunjukkan bagaimana beban kerja didistribusikan dan siapa yang bertanggung jawab atas bagian tertentu dari proyek.

Pembagian tugas tim sangat krusial untuk efisiensi dan akuntabilitas. Setiap anggota tim akan memiliki peran dan tanggung jawab yang jelas sesuai dengan keahliannya.

Contoh Pembagian Tugas (untuk Tim 2-3 Orang):

1. **Ketua Tim (Daffa Zakky Kurniawan): Subsistem Monitoring**
   (a) Koordinator proyek dan komunikasi dengan dosen pembimbing.
   (b) Perancangan dan integrasi subsistem monitoring, meliputi desain arsitektur dashboard web FRESH-ID, struktur halaman, dan alur tampilan data kesegaran makanan.
   (c) Pengembangan backend aplikasi dan koneksi ke Firebase Realtime Database untuk pembacaan, penyimpanan, dan pengelolaan data historis kesegaran makanan.
   (d) Implementasi fitur visualisasi data real-time (grafik tren, status kesegaran, log historis) dan optimasi performa akses dashboard multi-platform.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

(e) Pengujian end-to-end antara perangkat IoT, cloud, dan dashboard (uji keandalan transmisi data, delay visualisasi, dan konsistensi status kesegaran).

2. **Anggota Tim 1 (Puja Andesta):Subsistem Instrumentasi**

   (a) Perancangan dan implementasi hardware subsistem instrumentasi, termasuk pemilihan dan perakitan sensor TGS2602, TGS2611, DHT22, power supply, dan converter 5 V ke 3,3 V sesuai spesifikasi perangkat keras FRESH-ID.

   (b) Perancangan wiring diagram, layout fisik box FRESH-ID, serta integrasi aktuator lokal (OLED/LCD dan LED indikator tiga warna) sebagai antarmuka tampilan lokal.

   (c) Pengembangan firmware pembacaan sensor (akuisisi data gas dan suhu-kelembapan), prosedur warm-up sensor, dan implementasi filtering (misalnya moving average) untuk mereduksi noise.

   (d) Kalibrasi sensor dan pengujian hardware, termasuk pengambilan data sampel segar/kurang segar/busuk untuk penentuan rentang nilai dan verifikasi stabilitas pembacaan.

3. **Anggota Tim 2 (Muhammad Bintang Pamungkas):Subsistem Kendali**

   (a) Perancangan logika subsistem kendali berbasis mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan data sensor, termasuk algoritma normalisasi, penentuan kategori kesegaran, dan kontrol aktuator LED.

   (b) Implementasi modul komunikasi IoT pada ESP32 (HTTP ke Firebase) dan manajemen alur daya sistem, memastikan distribusi tegangan 5 V dan 3,3 V yang stabil ke seluruh komponen.

   (c) Pengembangan firmware integrasi antara proses pembacaan sensor, pemrosesan data, pengiriman data ke cloud, dan pengendalian indikator lokal sesuai status kesegaran.

   (d) Pengujian integrasi subsistem kendali dengan instrumentasi dan monitoring (uji keandalan algoritma klasifikasi kesegaran, keandalan pengiriman data, serta mekanisme error-handling saat koneksi atau sensor bermasalah).

3.4 Pengujian Sistem

Sub-bab **Pengujian Sistem** mendokumentasikan proses sistematis yang dilakukan untuk memverifikasi bahwa implementasi solusi teknis telah selesai dengan benar dan memvalidasi bahwa sistem tersebut memenuhi kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang ditetapkan. Fokus utama bagian ini adalah menjawab pertanyaan: Apakah sistem berjalan sebagaimana mestinya dan apakah sistem melakukan apa yang seharusnya dilakukan? Jelaskan juga mengapa pengujian ini perlu dilakukan dan parameter apa yang digunakan dalam pengujian, termasuk jenis-jenis pengujian yang dilakukan. Kriteria keberhasilan yang ditetapkan diilustrasikan dalam Tabel EL3.1.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

Tabel EL3.1: Kriteria Keberhasilan Pengujian Sistem FRESH-ID

No.	Parameter Pengujian	Kriteria Keberhasilan
1	Tegangan Suplai Sensor Gas	Tegangan heater sensor TGS harus stabil dalam rentang 4.9V $\leq V_{heater} \leq 5.1$V
2	Akurasi Sensor Suhu DHT22	Penyimpangan pengukuran suhu $\leq \pm 0.5$°C dibandingkan termometer kalibrasi
3	Akurasi Sensor Kelembapan DHT22	Penyimpangan pengukuran kelembapan $\leq \pm 2\%$ RH dibandingkan hygrometer referensi
4	Waktu Pemanasan Sensor Gas	Sensor gas mencapai kondisi stabil dalam waktu ≤ 180 detik setelah power-on
5	Konsistensi Pembacaan Sensor	Standar deviasi pembacaan gas pada sampel yang sama $\leq 5\%$ dari nilai rata-rata (10 pengukuran)
6	Waktu Respons Klasifikasi	Sistem menampilkan status kesegaran pada LCD dalam waktu ≤ 3 detik setelah pembacaan sensor
7	Akurasi Klasifikasi Kesegaran	Tingkat akurasi klasifikasi $\geq 85\%$ dibandingkan penilaian organoleptik manual (30 sampel)
8	Keandalan Koneksi Wi-Fi	Tingkat keberhasilan transmisi data ke server $\geq 95\%$ dalam kondisi sinyal normal (-50 dBm)
9	Interval Pengiriman Data	Data sensor dikirim ke server dengan interval 5 ± 1 detik secara konsisten
10	Integritas Data Transmisi	Tidak ada data loss atau corruption selama 1 jam pengujian kontinyu (≥ 720 paket data)
11	Responsivitas Dashboard Web	Halaman dashboard loading dalam waktu ≤ 2 detik pada koneksi internet standar (10 Mbps)
12	Update Real-Time Dashboard	Grafik dan nilai sensor ter-update otomatis dengan delay maksimal 10 detik dari waktu transmisi

Tabel EL3.2: Pengujian Integrasi Subsistem FRESH-ID

No.	Skenario Pengujian	Kriteria Keberhasilan
1	Integrasi Sensor-Mikrokontroler	Semua sensor (TGS2602, TGS2611, DHT22) terbaca tanpa error, nilai ADC dalam range valid (0-4095)
2	Integrasi Mikrokontroler-LCD	Status kesegaran dan nilai sensor ditampilkan dengan format yang benar dan terbaca jelas
3	Integrasi Mikrokontroler-Server	Data JSON terkirim lengkap ke server, timestamp akurat, tidak ada field yang missing
4	Integrasi Server-Database	Data tersimpan di database MySQL dengan struktur tabel yang benar dan queryable

Berlanjut ke halaman berikutnya

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

Tabel EL3.2 – lanjutan dari halaman sebelumnya

No.	Skenario Pengujian	Kriteria Keberhasilan
5	Integrasi Database-Dashboard	Dashboard menampilkan data terbaru dari database dengan synchronization yang tepat
6	End-to-End System Test	Perubahan kondisi sampel makanan terekam oleh sensor, diklasifikasi dengan benar, ditampilkan di LCD, dikirim ke server, dan tervisualisasi di dashboard dalam alur yang seamless

4 Analisis Resiko

4.1 Risiko Teknis, Finansial, dan Penerimaan Pengguna

Risiko Teknis

Risiko teknis pada sistem FRESH-ID muncul dari karakteristik sensor gas tipe MOS, proses pengolahan data pada mikrokontroler ESP32, serta mekanisme pengiriman data ke cloud. Faktor-faktor ini dapat memengaruhi akurasi klasifikasi kesegaran dan stabilitas operasi sistem.

1. **Akurasi Sensor Gas Tidak Stabil:** Sensor TGS2602 dan TGS2611 sensitif terhadap suhu, kelembapan, dan aliran udara. Variasi kecil pada lingkungan dapat mengubah nilai resistansi sensor sehingga hasil pembacaan gas dapat berfluktuasi dan memengaruhi penentuan status kesegaran.

2. **Waktu Pemanasan Sensor yang Relatif Lama:** Sensor gas MOS membutuhkan waktu warm-up sekitar 2–3 menit agar heater mencapai kondisi stabil. Pembacaan sebelum periode ini dapat menghasilkan data tidak valid.

3. **Kesulitan Kalibrasi Sensor Gas:** Setiap unit sensor memiliki karakteristik resistansi yang berbeda sehingga kalibrasi berbasis sampel nyata diperlukan. Kalibrasi yang kurang tepat dapat menghasilkan threshold yang tidak akurat.

4. **Konektivitas IoT Tidak Stabil:** Pengiriman data dari ESP32 ke Firebase membutuhkan koneksi Wi-Fi yang baik. Gangguan jaringan dapat menyebabkan data terlambat muncul pada dashboard.

5. **Potensi Noise dan Error Pembacaan Sensor:** Noise ADC, kualitas wiring, atau gangguan sinyal dapat memicu nilai gas yang melompat (spike), sehingga menyebabkan perubahan status kesegaran yang tidak realistis.

6. **Ketidaktepatan Algoritma Klasifikasi:** Algoritma threshold-based dapat menghasilkan false freshness atau false decay jika ambang batas tidak sesuai dengan pola gas dari sampel makanan yang diuji.

Risiko Finansial

1. **Fluktuasi Harga Sensor Seri TGS:** Harga TGS2602 dan TGS2611 relatif lebih tinggi dan dapat berubah pada periode tertentu sehingga mempengaruhi total biaya perakitan prototipe.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

2. **Biaya Sampel Pengujian:** Pengujian membutuhkan sampel bahan makanan seperti daging ayam, ikan, atau susu dalam kondisi berbeda. Pengujian berulang dapat meningkatkan biaya operasional proyek.

3. **Biaya Server/Hosting:** Firebase memiliki batasan kapasitas. Jika data historis meningkat atau pengguna bertambah, diperlukan peningkatan kapasitas penyimpanan yang dapat menimbulkan biaya tambahan.

Risiko Penerimaan Pengguna

1. **Dashboard Sulit Dipahami:** Tampilan grafik gas dan status kesegaran yang terlalu kompleks dapat membuat pengguna kesulitan menafsirkan hasil.

2. **Ketidaksesuaian Hasil Sistem dengan Penilaian Visual:** Pada beberapa kasus, perubahan gas belum terlihat secara fisik pada makanan. Hal ini dapat menurunkan kepercayaan pengguna terhadap hasil klasifikasi.

3. **Keterlambatan Update Data pada Dashboard:** Gangguan koneksi Wi-Fi dapat menyebabkan delay data sehingga pengguna merasa sistem kurang responsif.

4. **Kurangnya Pengetahuan Pengguna tentang Sensor Gas:** Pengguna awam sering tidak memahami bahwa suhu dan kelembapan mempengaruhi sensor, sehingga kesalahan persepsi terhadap performa alat dapat muncul.

4.2 Mitigasi Risiko

Strategi Mitigasi Risiko

1. **Mitigasi Risiko Teknis:**

   (a) **Peningkatan Akurasi Sensor Gas:** Melakukan pengujian pada berbagai kondisi lingkungan, menerapkan moving average filter, normalisasi data, dan memberi waktu warm-up minimal 2–5 menit.

   (b) **Kalibrasi Berbasis Sampel Nyata:** Melakukan kalibrasi menggunakan sampel segar, kurang segar, dan busuk, serta menentukan threshold berbasis data lapangan sehingga hasil klasifikasi lebih akurat.

   (c) **Peningkatan Stabilitas IoT:** Mengimplementasikan fitur reconnect otomatis, retry pengiriman, dan buffer lokal ketika koneksi terputus agar data tetap tersimpan.

   (d) **Validasi Algoritma Klasifikasi:** Menguji threshold pada berbagai jenis makanan dan menggunakan safety margin untuk menghindari kesalahan klasifikasi.

   (e) **Reduksi Noise Pembacaan Sensor:** Melakukan shielding kabel sensor, memperbaiki grounding, dan memastikan wiring sesuai standar skematik.

2. **Mitigasi Risiko Finansial:**

   (a) **Fluktuasi Harga Komponen:** Melakukan survei harga ke beberapa supplier dan menyediakan buffer anggaran sebesar 10%.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

(b) **Efisiensi Biaya Sampel Uji:** Melakukan pengujian dengan jumlah sampel minimum tetapi representatif serta menggabungkan beberapa skenario uji dalam satu sesi.

(c) **Optimasi Penggunaan Hosting:** Menggunakan paket gratis Firebase selama tahap prototipe, membatasi penyimpanan data historis, dan menghapus data lama secara berkala.

3. **Mitigasi Risiko Penerimaan Pengguna:**

   (a) **Perbaikan Desain Dashboard:** Menyajikan tampilan dengan warna indikator (hijau–kuning–merah), label yang jelas, dan grafik sederhana untuk meningkatkan keterbacaan.

   (b) **Validasi Bersama Penilaian Manual:** Melakukan pengujian lapangan dan mencocokkannya dengan penilaian organoleptik agar pengguna dapat mempercayai hasil sensor.

   (c) **Mengurangi Delay Monitoring:** Mengoptimalkan interval pengiriman data agar tetap real-time tanpa membebani jaringan.

   (d) **Edukasi Pengguna:** Menyediakan panduan penggunaan, contoh interpretasi hasil, dan penjelasan mengenai pengaruh suhu/kelembapan terhadap sensor.

—

5 Analisis Finansial

5.1 Estimasi Biaya Utama

*E*stimasi biaya ini mencakup pengeluaran utama untuk pengembangan prototipe sistem FRESH-ID.

1. **Biaya Hardware (Unit Prototipe):**

   (a) Mikrokontroler (ESP32): 1 unit @ Rp 60.000 = Rp 60.000

   (b) Sensor Gas (TGS2602): 1 unit @ Rp 145.000 = Rp 145.000

   (c) Sensor Gas (TGS2611): 1 unit @ Rp 419.000 = Rp 419.000

   (d) Sensor Suhu dan Kelembapan (DHT22): 1 unit @ Rp 35.000 = Rp 35.000

   (e) OLED Display 128×64 (I2C): 1 unit @ Rp 29.900 = Rp 29.900

   (f) LED Indikator: 1 set @ Rp 10.000 = Rp 10.000

   (g) Modul Step-Down (LM2596): 1 unit @ Rp 8.900 = Rp 8.900

   (h) Converter 5V ke 3.3V: 1 unit @ Rp 5.000 = Rp 5.000

   (i) Power Supply 5V 16A: 1 unit @ Rp 200.000 = Rp 200.000

   (j) Enclosure / Box Sensor: 1 unit @ Rp 120.000 = Rp 120.000

   (k) Kabel jumper, konektor, solder, komponen kecil: 1 set @ Rp 80.000 = Rp 80.000

   (l) PCB (Distribusi daya + modul prototipe): 1 unit @ Rp 175.000 = Rp 175.000

2. **Biaya Lain-lain (Penelitian, Transportasi, Dokumentasi):**

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

(a) Biaya Referensi/Jurnal, Fotokopi, Print: Rp 150.000

(b) Transportasi (jika ada kunjungan): Rp 100.000

(c) **Subtotal Lain-lain:** Rp 250.000

3. **Total Estimasi Biaya Proyek:** Rp Rp 1.287.800 + Rp 250.000 = **Rp 1.537.800**

5.2 Analisis Biaya-Manfaat

Analisis manfaat-biaya mengevaluasi apakah manfaat yang diperoleh dari proyek FRESH-ID sepadan dengan biaya yang dikeluarkan, baik dari sisi finansial maupun non-finansial, terutama dalam jangka panjang.

Manfaat Finansial dan Non-Finansial:

1. **Manfaat Utama (*Non-Finansial, tapi Bernilai Tinggi*):**
   - Peningkatan keselamatan dan kesehatan konsumen dengan memastikan makanan yang dikonsumsi dalam kondisi segar.
   - Pencegahan kerugian akibat pembusukan makanan sebelum distribusi, sehingga mengurangi sampah pangan dan risiko penyakit.
   - Monitoring real-time membantu petugas mendeteksi kondisi abnormal lebih cepat, mengurangi potensi kerugian operasional dan reputasi institusi/organisasi.
2. **Manfaat Finansial Langsung:**
   - Penghematan biaya operasional dibandingkan metode manual atau inspeksi laboratorium: estimasi biaya prototipe FRESH-ID sekitar Rp 1.537.800 jauh lebih rendah dibandingkan sistem monitoring komersial (Rp 5.000.000 – Rp 20.000.000 per unit).
   - Efisiensi distribusi makanan dengan memastikan produk layak konsumsi mengurangi kerugian finansial akibat retur atau pemborosan.
   - Data historis dan analisis tren kesegaran membantu manajemen stok lebih akurat, sehingga mengoptimalkan pembelian dan penyimpanan bahan pangan.
3. **Manfaat Potensial (Jangka Panjang):**
   - Potensi komersialisasi sistem FRESH-ID untuk sekolah, restoran, atau program pemerintah lainnya.
   - Pengembangan dashboard web memungkinkan integrasi IoT, analitik data, dan pemberitahuan otomatis (*smart alerts*), meningkatkan nilai teknologi secara keseluruhan.
   - Memberikan nilai edukasi dan penelitian, termasuk pengembangan algoritma prediksi kesegaran makanan berdasarkan data gas dan lingkungan.

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.

Kesimpulan Analisis Manfaat-Biaya:

Investasi awal untuk FRESH-ID relatif rendah, namun manfaat yang diperoleh sangat signifikan. Sistem ini tidak hanya meningkatkan keselamatan dan kualitas makanan, tetapi juga mengurangi kerugian finansial akibat pembusukan atau distribusi produk yang tidak layak. Selain itu, integrasi sensor, IoT, dan dashboard web memberikan nilai tambahan dari sisi efisiensi operasional, potensi komersialisasi, dan penelitian akademik. Secara keseluruhan, manfaat jangka panjang jauh melampaui biaya, sehingga proyek ini layak untuk diimplementasikan.

6 Referensi

Daftar pustaka ditulis sesuai standar IEEE, sebaiknya gunakan Citation tools seperti Mendeley, Zotero dll. Semuanya dimasukkan atau replace file pustaka.bib.
Contoh format IEEE:

7 Daftar Singkatan

Tabel EL3.1: Daftar Singkatan (Abbreviations)

Abbreviation	**Definition**
IoT	Internet of Things
KPI	Key Performance Indicator
ROI	Return on Investment
WBS	Work Breakdown Structure
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
BMC	Business Model Canvas
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Organization for Standardization
CO	Carbon Monoxide
CH_4	Methane (atau LPG)
PM2.5	Particulate Matter 2.5

© 2025 Department of Electrical Engineering – ITERA. Disclosure and use of any part of this document are permitted only with written authorization from the Department of Electrical Engineering – ITERA. ITERA Campus, Jalan Terusan Ryacudu, South Lampung 35365, Indonesia.