**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**PEMANTAUAN SUHU DAN KELEMBABAN RUANGAN**

**SENSOR *DIGITAL HUMIDITY AND TEMPERATURE***

**Mata Kuliah Internet of Things**

HALAMAN JUDUL LUAR

****

**Disusun Oleh:**

**Achmad Rizky Zulkarnain 2125250045**

**Robert Antonius 2125250057**

**Rivaldo 2125250065**

**Program Studi Informatika**

**Fakultas Ilmu Komputer dan Rekayasa**

**Universitas Multi Data Palembang**

**Palembang**

**2024**

# ABSTRAK

XXXXXXXXXX

**Kata Kunci**:

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

**Keywords**:

# KATA PENGANTAR

Kata pengatar

DAFTAR ISI

[HALAMAN JUDUL LUAR iii](#_Toc142127335)

[HALAMAN PERSETUJUAN iii](#_Toc142127336)

[PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR v](#_Toc142127337)

[Abstrak vi](#_Toc142127338)

[Abstract vii](#_Toc142127339)

[KATA PENGANTAR viii](#_Toc142127340)

[DAFTAR ISI ix](#_Toc142127341)

[DAFTAR TABEL xi](#_Toc142127342)

[DAFTAR GAMBAR xii](#_Toc142127343)

[PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR xiii](#_Toc142127344)

[SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT xiv](#_Toc142127345)

[BAB 1 PENDAHULUAN 1](#_Toc142127346)

[1.1 Latar Belakang 1](#_Toc142127347)

[1.2 Rumusan Masalah 3](#_Toc142127348)

[1.3 Ruang Lingkup 4](#_Toc142127349)

[1.4 Tujuan dan Manfaat 6](#_Toc142127350)

[1.5 Metodologi Penelitian 6](#_Toc142127351)

[1.6 Sistematika Penulisan 10](#_Toc142127352)

[BAB 2 LANDASAN TEORI 11](#_Toc142127353)

[2.1 <<SUB BAB>> 11](#_Toc142127354)

[2.2 <<SUB BAB>> 11](#_Toc142127355)

[2.2.1 <<SUB BAB>> 12](#_Toc142127356)

[2.2.2 <<SUB BAB>> 12](#_Toc142127357)

[2.2.3 <<SUB BAB>> 13](#_Toc142127358)

[2.3 <<SUB BAB>> 13](#_Toc142127359)

[2.4 <<SUB BAB>> 15](#_Toc142127360)

[2.5 <<SUB BAB>> 17](#_Toc142127361)

[2.6 Penelitian Terkait 21](#_Toc142127362)

[BAB 3 JUDUL BAB 3 27](#_Toc142127363)

[3.1 Lingkungan Pengujian Algoritma 27](#_Toc142127364)

[3.1.1 Kebutuhan Perangkat Keras (*Hardware*) 27](#_Toc142127365)

[3.1.2 Kebutuhan Perangkat Lunak (*Software*) 27](#_Toc142127366)

[3.2 <<SUB BAB>> 28](#_Toc142127367)

[3.3 <<SUB BAB>> 29](#_Toc142127368)

[3.4 <<SUB BAB>> 31](#_Toc142127369)

[3.5 <<SUB BAB>> 34](#_Toc142127370)

[BAB 4 JUDUL BAB 4 37](#_Toc142127371)

[4.1 <<SUB BAB>> 37](#_Toc142127372)

[4.1.1 <<SUB SUB BAB>> 37](#_Toc142127373)

[4.1.2 <<SUB SUB BAB>> 38](#_Toc142127374)

[4.2 <<SUB BAB>> 44](#_Toc142127375)

[4.3 <<SUB BAB>> 47](#_Toc142127376)

[4.3.1 <<SUB SUB BAB>> 47](#_Toc142127377)

[4.3.2 <<SUB SUB BAB>> 47](#_Toc142127378)

[BAB 5 PENUTUP 50](#_Toc142127379)

[5.1 Kesimpulan 50](#_Toc142127380)

[5.2 Saran 50](#_Toc142127381)

[DAFTAR PUSTAKA 52](#_Toc142127382)

[LAMPIRAN 54](#_Toc142127383)

[Daftar Riwayat Hidup 55](#_Toc142127384)

[Lembar Konsultasi 56](#_Toc142127385)

[Kode Program 57](#_Toc142127386)

[<judul lampiran> 58](#_Toc142127387)

[<judul lampiran> 59](#_Toc142127388)

[Form Hasil Pemeriksaan Tingkat Plagiarisme 60](#_Toc142127389)

[Laporan Hasil Pengecekan Plagiarisme 61](#_Toc142127390)

[Notulen Tugas Akhir 62](#_Toc142127391)

# PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Suhu adalah panas atau dinginnya udara yang dinyatakan dengan satuan derajat tertentu, sedangkan kelembaban adalah banyaknya air yang terkandung dalam udara, biasanya dinyatakan dengan persentase [5]. Suhu dan kelembaban merupakan suatu alat ukur yang sangat berguna untuk berbagai macam hal. contohnya untuk mengetahui situasi dari suatu ruangan yang akan sangat berguna untuk preservasi bahan pangan, obat-obatan, server dan mengetahui kondisi ruangan, khusunya di rumah tempat tinggal. Alat ukur suhu dan kelembaban masih jarang ditemui pada rumah-rumah di indonesia karena masih dianggap suatu hal yang tidak terlalu berguna di rumah. Buktinya bisa dilihat dari sisi smart home pada artikel [2] penetrasi smart home pada rumah tangga saat ini di Indonesia pada tahun 2022 sebesar 11,4% dan diperkirakan akan mencapai 18,3% pada tahun 2026, sedangkan jika dilihat data pada website BPS [3] terdapat 84,95% keluarga di indonesia yang sudah memiliki rumah sendiri.

Informasi tentang suhu dan kelembaban di suatu ruangan sangatlah penting, menurut penelitian [4] untuk menghabiskan waktu didalam ruangan/gedung manusia akan mencari kondisi yang nyaman dalam kehidupannya. Oleh karenanya salah satu faktor kenyamanan dan kesehatan yang optimal pada manusia bergantung pada suhu yang ada disekitarnya. Salah satu resiko yang paling fatal jika tidak mengetahui suhu di dalam ruangan adalah tidak tahunya terjadi kebakaran. Resiko tidak adanya informasi tentang suhu dan kelembaban di dalam ruangan adalah tidak mengetahui adanya kebakaran. Kebakaran bisa terjadi saat tanpa ada yang bisa memprediksi, apabila tidak diatasi dengan cepat maka akan mengakibatkan kerugian yang sangat besar [6]. Dalam banyak kasus, hanya perlu waktu tiga menit dari saat kebakaran dimulai hingga seluruh ruangan dilalap api, yang berakibat sangat fatal [7]. Oleh karena itu, penting untuk memiliki sistem yang dapat mendeteksi perubahan suhu secara cepat dan memberikan peringatan dini kepada penghuni. Dengan adanya informasi suhu yang terpantau secara real-time.

Pentingnya suhu dan kelembaban menjadi suatu acuan untuk mengukur nilai suhu dan kelembaban di dalam ruangan. Masalah ini bisa dipecahkan dengan menggunakan termometer, namun menurut penelitian [8] monitoring suhu dengan cara manual dengan mencatatnya sesuai dari termometer, tetapi hal ini belum dapat memonitoring suhu secara real-time. Karena jika termometer ditempel di ruangan maka kita tidak dapat mengetahui suhu ruangan jika kita berada di luar ruangan. Oleh karena itu diperlukan alat yang dapat mengukur suhu dan kelembaban dan menginformasikan ke kita secara real time. Masalah ini bisa diselesaikan dengan menggunakan alat IoT.

Menurut penilitan [10] Internet of Things adalah sesuatu yang terhubung langsung ke internet tanpa perantara manusia dan dapat bekerja secara otomatis seperti kemampuan mengambil data secara otomatis. Juga penelitian [9] Internet of Things adalah sensor yang terhubung dengan jaringan untuk sistem komputasi. Sehingga dapat melakukan pemantauan atau tindakan dari objek dan perangkat yang terhubung. Pangsa pasar Internet of Things (IoT) di Indonesia diperkirakan berkembang dengan nilai mencapai Rp 444 triliun di tahun 2022. Nilai tersebut disumbang dari berbagai macam teknologi, salah satunya adalah perangkat IoT 56 triliun [11]. Salah satu alat IoT untuk menyelesaikan masalah ini adalah sensor suhu dan kelembaban yaitu DHT11. Menurut penelitian [12] DHT11 memiliki output digital yang sudah terkalibrasi. Sensor ini terdiri dari komponen pengukur kelembaban tipe resistive dan pengukuran suhu melalui NTC serta terhubung dengan 8 bit uC sehingga memberikan hasil yang cukup baik, kecepatan respon yang cukup, memiliki ketahanan yang baik terhadap interferensi dan cukup murah dalam harga. Ini menjadikan DHT11 sebagai salah satu sensor yang sangat baik untuk penelitian ini, karena data yang didapatkan oleh sensor DHT11 nantinya akan ditampilkan dalam bentuk data yang dapat dikirimkan melalui internet.

Untuk penelitian terkait terdapat penelitian [13] bertujuan membangun sistem monitoring berbasis IoT menggunakan sensor DHT11 dan NodeMCU ESP8266, dengan data ditampilkan pada website. Sistem dikembangkan menggunakan metode prototipe untuk memastikan hasil sesuai kebutuhan, memanfaatkan perangkat lunak seperti Arduino IDE, XAMPP, dan Sublime. Dengan sistem ini, suhu dan kelembaban laboratorium dapat dipantau secara real-time, meningkatkan keamanan dan efisiensi. Terdapat juga penelitian [14] bertujuan membandingkan performa sensor suhu DHT11 dan DS18B20 dalam pengukuran suhu pada ruangan server. Sistem dikembangkan menggunakan pendekatan eksperimental untuk menguji nilai akurasi dan tingkat kesalahan pembacaan kedua sensor, yang dibandingkan dengan alat Fluke 179 True-RMS Digital Multimeter. Dari 10 kali percobaan, hasil pengujian menunjukkan rata-rata tingkat kesalahan sebesar 3,37% untuk sensor DHT11 dan 1,17% untuk sensor DS18B20, dengan nilai akurasi masing-masing 96,63% dan 98,83%. Penelitian ini memberikan data objektif mengenai kelebihan dan kekurangan kedua sensor dalam aplikasi pengukuran suhu. Terakhir terdapat penelitian [15] yang bertujuan untuk membangun sistem monitoring suhu dan kelembaban pada inkubator penetas telur ayam berbasis IoT menggunakan aplikasi Android. Sistem ini memanfaatkan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu dan kelembaban secara otomatis. Dengan aplikasi Android sebagai media monitoring, pengguna dapat memantau dan mengendalikan inkubator dari jarak jauh melalui akses internet. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengawasan inkubator penetas telur ayam.

Oleh karena itu, diperlukan solusi yang lebih canggih dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT). IoT memungkinkan pemantauan suhu dan kelembaban secara otomatis dan real-time melalui sensor yang terhubung dengan jaringan internet. Salah satu sensor yang ideal untuk kebutuhan ini adalah DHT11, yang memiliki keunggulan seperti kecepatan respons yang baik, ketahanan terhadap interferensi, dan harga yang terjangkau. Dengan implementasi IoT menggunakan sensor DHT11, informasi suhu dan kelembaban dapat diperoleh secara real-time, sehingga memberikan solusi praktis dan efisien untuk menjaga kenyamanan, kesehatan, dan keamanan rumah tangga

## Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan yang dapat dilihat. Pertama pada alat ukur suhu dan kelembaban yang masih jarang digunakan di rumah-rumah di Indonesia karena dianggap kurang bermanfaat bagi lingkungan rumah tangga. Padahal, informasi suhu dan kelembaban sangat penting untuk menjaga kenyamanan dan kesehatan penghuni rumah. Selanjutnya penggunaan termometer sebagai alat tradisional memiliki keterbatasan, karena pengukuran suhu secara manual tidak memungkinkan pemantauan secara real-time, terutama jika penghuni sedang berada di luar ruangan. Ketiga, ketidaktahuan mengenai kondisi suhu dan kelembaban ruangan dapat meningkatkan risiko kesehatan dan keamanan, seperti ketidaknyamanan penghuni hingga keterlambatan dalam mendeteksi kebakaran.

Masalah-masalah ini dapat diselesaikan dengan menggunakan IoT dengan implementasi DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban dari suatu ruangan untuk mencegah terjadinya kebakaran dan membuat rumah menjadi lebih nyaman dan aman.

## Tujuan

Dalam penelitian ini ditentukan tujuan dari penelitian yang dirangkum sebagai berikut:

1. Mengembangkan alat berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor DHT11 untuk memantau suhu dan kelembaban secara real-time.
2. Mempromosikan alat berbasis Internet of Things (IoT) agar dapat mengetahui potensi dari alat IoT serta efektivitas dari alat IoT
3. Memberikan solusi praktis dan efisien yaitu teknologi Internet of Things (IoT) menggunakan sensor DHT11 untuk meningkatkan kenyamanan, kesehatan, dan keamanan di rumah tangga.

## Manfaat

Manfaat dari implementasi alat berbasis IoT ini adalah menyediakan informasi suhu dan kelembaban secara real-time, sehingga penghuni rumah dapat menciptakan lingkungan yang nyaman dan sehat. Alat ini juga dapat membantu mendeteksi potensi bahaya, seperti risiko kebakaran, secara lebih dini. Selain itu, solusi ini mendukung adopsi teknologi IoT di lingkungan rumah tangga di Indonesia, sekaligus memanfaatkan sensor DHT11 yang memiliki keunggulan dalam akurasi, kecepatan respons, dan harga yang terjangkau.

## Ruang Lingkup Proyek

Berikut ini merupakan ruang lingkup atau batasan pada proyek antara lain:

1. Sistem merekam kelembaban dan suhu pada ruangan dengan sensor DHT11 dan akan membunyikan *buzzer* saat kelembaban dan suhu melampaui *threshold* yang telah ditentukan.
2. Hasil deteksi dari sensor DHT akan disimpan pada *Firebase Firestore* untuk data rekaman sensor setiap 10 detik dan pada *Firebase Realtime Database* untuk data *live* sensor.
3. Data sensor akan ditampilkan pada GUI berbasis web yang dibangun dengan ReactJS *framework* untuk JavaScript.
4. GUI dapat diakses melalui *internet* pada perangkat *smartphone* atau komputer.

# TINJAUAN PUSTAKA

## NodeMCU

NodeMCU adalah mikrokontroler yang dilengkapi dengan modul WiFi ESP8266 dan merupakan salah satu komponen utama Internet of Things (IoT) [16]. NodeMCU memiliki keunggulan sudah memiliki WIFI, sehingga sangat cocok untuk proyek IoT. NodeMCU ini sifatnya open source yang mengakibatkan banyak produsen memproduksinya dan mengembangkannya [17]

Versi 3 NodeMCU menggunakan modul ESP-12E (ESP8266MOD) dan merupakan papan pengembangan yang mudah digunakan dengan pin analog dan digital, adapter *universal serial bus* (USB) ke *serial* dengan modul CH340g, dan soket *micro* USB [18].

## DHT11

Sensor DHT11 adalah modul sensor yang berfungsi untuk mensensing objek suhu dan kelembaban yang memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler [13]. Sensor DHT11 memiliki elemen pengukur suhu dan kelembaban yang sensitif tehadap perubahan suhu dan kelembaban disekitarnya [19]. Sensor ini memiliki keunggulan berupa kalibrasi sinyal digital bawaan yang memberikan data yang stabil, mudah diakses, dan cukup akurat. DHT11 cocok untuk aplikasi dengan kebutuhan pengukuran lingkungan yang sederhana. DHT11 beroperasi pada tegangan 3,3V hingga 5,5V dan memiliki frekuensi sampling sebesar 1 Hz [20]. Pengambilan data dari sensor DHT11 setiap 1 detik. pengukuran suhu antara 0°C hingga 50°C dengan akurasi ±2°C, serta kelembapan relatif (RH) antara 20% hingga 90% dengan akurasi ±5% [21].

## *Buzzer*

Buzzer adalah komponen elektronik yang digunakan untuk menghasilkan suara atau bip. Ini adalah perangkat output yang mengubah sinyal listrik menjadi suara. Buzzer sering digunakan dalam perangkat rumah tangga, jam alarm, komputer, dan banyak perangkat elektronik lainnya sebagai cara untuk memberikan indikasi audio kepada pengguna [22].

Buzzer terdiri dari dua jenis, yaitu passive buzzer dan active buzzer. Passive buzzer adalah jenis buzzer yang tidak dapat menghasilkan suara secara mandiri. Dengan kata lain, ketika diberi arus listrik, komponen ini tidak akan mengeluarkan suara, mirip dengan cara kerja speaker aktif. Sementara itu, active buzzer merupakan jenis buzzer yang dapat menghasilkan suara secara mandiri. Ketika dialiri listrik, komponen ini langsung menghasilkan suara tanpa memerlukan rangkaian tambahan.[23].

## Kabel *Jumper*

Kabel jumper adalah kabel elektrik yang memiliki pin konektor di kedua ujungnya, memungkinkan untuk menghubungkan dua komponen yang melibatkan Arduino tanpa perlu melakukan solder. Fungsi utama dari kabel jumper ini adalah sebagai konduktor listrik untuk menyambungkan rangkaian listrik [24]. Kabel ini umumnya terbuat dari inti tembaga yang dilapisi dengan isolasi plastik yang fleksibel dan tersedia dalam berbagai jenis ujung, seperti male-to-male, male-to-female, atau female-to-female, yang memungkinkan koneksi antara pin header, breadboard, atau perangkat lainnya [25].

## *Universal Printed Circuit Board* (PCB)

*Universal*

## Kabel USB

Kabel USB adalah salah satu jenis penghubung elektronik yang paling umum digunakan saat ini, berfungsi untuk mengatur koneksi dan komunikasi antara komputer dan perangkat eksternal [26]. Dalam pengembangan perangkat berbasis Internet of Things (IoT), kabel USB sering digunakan untuk mentransfer program ke NodeMCU serta menyediakan daya untuk menjalankan perangkat tersebut. Kabel USB terdiri dari beberapa jenis konektor, seperti USB-A, USB-B, USB-C, dan micro-USB, yang disesuaikan dengan kebutuhan perangkat IoT.

## *Power Bank*

Powerbank adalah perangkat genggam yang berfungsi sebagai penyimpan energi listrik untuk digunakan sebagai sumber daya cadangan dalam mengisi ulang baterai perangkat elektronik, seperti ponsel, tablet, atau perangkat lainnya. Biasanya Powerbank berfungsi sebagai perangkat pengisi daya untuk gadget ketika pengguna berada di luar atau jauh dari sumber listrik. Secara fungsi, powerbank dapat diidentifikasi sebagai alat penyimpan daya yang berperan seperti baterai cadangan yang dapat digunakan kapan saja diperlukan [27].

## Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) adalah sebuah teks editor untuk menulis kode program yang didukung oleh bahasa pemrograman JavaScript, Typescript, dan Node.js, serta bahasa pemrograman lainnya dengan bantuan plugin yang dapat dipasang via marketplace Visual Studio Code (seperti C++, C#, Python, Go, Java, dst) [28].

Salah satu ekstensi populer untuk pengembangan perangkat IoT yaitu *extension* PlatformIO pada Visual Studio Code digunakan untuk pembangunan perangkat lunak untuk perangkat ESP8266. PlatformIO pada Visual Studio Code digunakan untuk mempermudah pembangunan perangkat lunak pada perangkat ESP8266 dengan menyediakan fitur seperti manajemen dependensi, konfigurasi proyek, debugging, dan kompilasi kode secara otomatis. PlatformIO mendukung berbagai framework, seperti Arduino dan ESP-IDF [29].

## *Arduino*

Arduino adalah platform prototyping elektronik berbasis open-source hardware yang menggabungkan perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel serta mudah digunakan. Bahasa pemrograman Arduino adalah Bahasa perograman yang umum digunakan untuk membuat perangkat lunak yang ditanamkan pada Arduino board. Bahasa pemrograman Arduino mirip dengan Bahasa pemrograman C++ [30].

## Firebase

Firebase merupakan platform untuk aplikasi realtime. Ketika data berubah, maka aplikasi yang terhubung dengan firebase akan meng-update secara langsung melalui setiap device (perangkat) baik website ataupun mobile [31]. Firebase menyediakan library yang lengkap untuk berbagai platform web dan mobile, serta dapat diintegrasikan dengan berbagai framework lain seperti Node.js, Java, JavaScript, dan sebagainya. Manfaat Firebase juga berlaku untuk aplikasi web dengan secara signifikan mengurangi biaya infrastruktur, bahkan berpotensi menjadi nol, sambil tetap menawarkan kemampuan yang kuat. Firebase menyediakan fitur keamanan yang kuat, pengembangan dan penyebaran API yang cepat, serta kemampuan untuk meng-host file statis di CDN global [32].

## React

ReactJS adalah pustaka JavaScript yang digunakan untuk mengembangkan komponen antarmuka pengguna (UI) yang dapat digunakan kembali. Berdasarkan dokumentasi resmi React, berikut adalah definisi React adalah perpustakaan untuk membangun antarmuka pengguna modular [33]. Dari sisi pengembang penggunaan ReactJs sangatlah membantu, selain mudah dipelajari, React juga mendapatkan hasil pengujian kinerja yang bagus, dan React cocok untuk digunakan dalam pembuatan website modular [35]. Kode yang dibuat pada React JS bisa digunakan kembali jika dibutuhkan seperti melakukan daur ulang, hal ini dapat menghemat waktu pengembangan yang membutuhkan kecepatan pengembangan [34].

# METODE

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex e.

## Perangkat yang Digunakan

Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor Lorem ipsum dolor sit amet, consect.

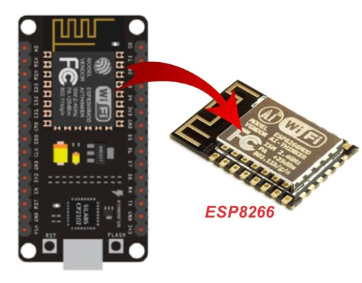
### Perangkat Keras (*Hardware*)

Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat:

1. **NodeMCUv3**

AAAAA

Gambar 3.1

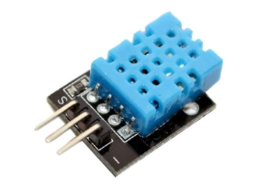


Gambar 3.1 NodeMCUv3 (ESP8266MOD)

1. **Sensor *Digital Humidity and Temperature***

AAAA

Gambar 3.2



Gambar 3.2 *Digital Humidity and Temperature* 11 (DHT11) Sensor

1. ***Buzzer***

AAAA

Gambar 3.3



Gambar 3.3 *Buzzer*

1. **Kabel *Jumper***

AAA

Gambar 3.4

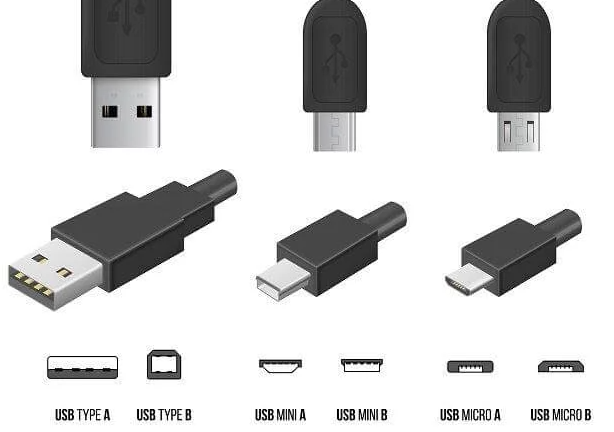


Gambar 3.4 *Jumper male to female*

1. **Kabel USB**

AA

Gambar 3.5



Gambar 3.5 Kabel USB

1. ***Universal* PCB**

AA

Gambar 3.6

Gambar 3.6 *Universal* PCB

1. ***Power Bank***

AA

Gambar 3.7



Gambar 3.7 *Power Bank*

### Perangkat Lunak (*Software*)

Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea

1. **Visual Studio Code**

AAA

1. **Firebase**

AAAA

1. **React**

AAAAAAA

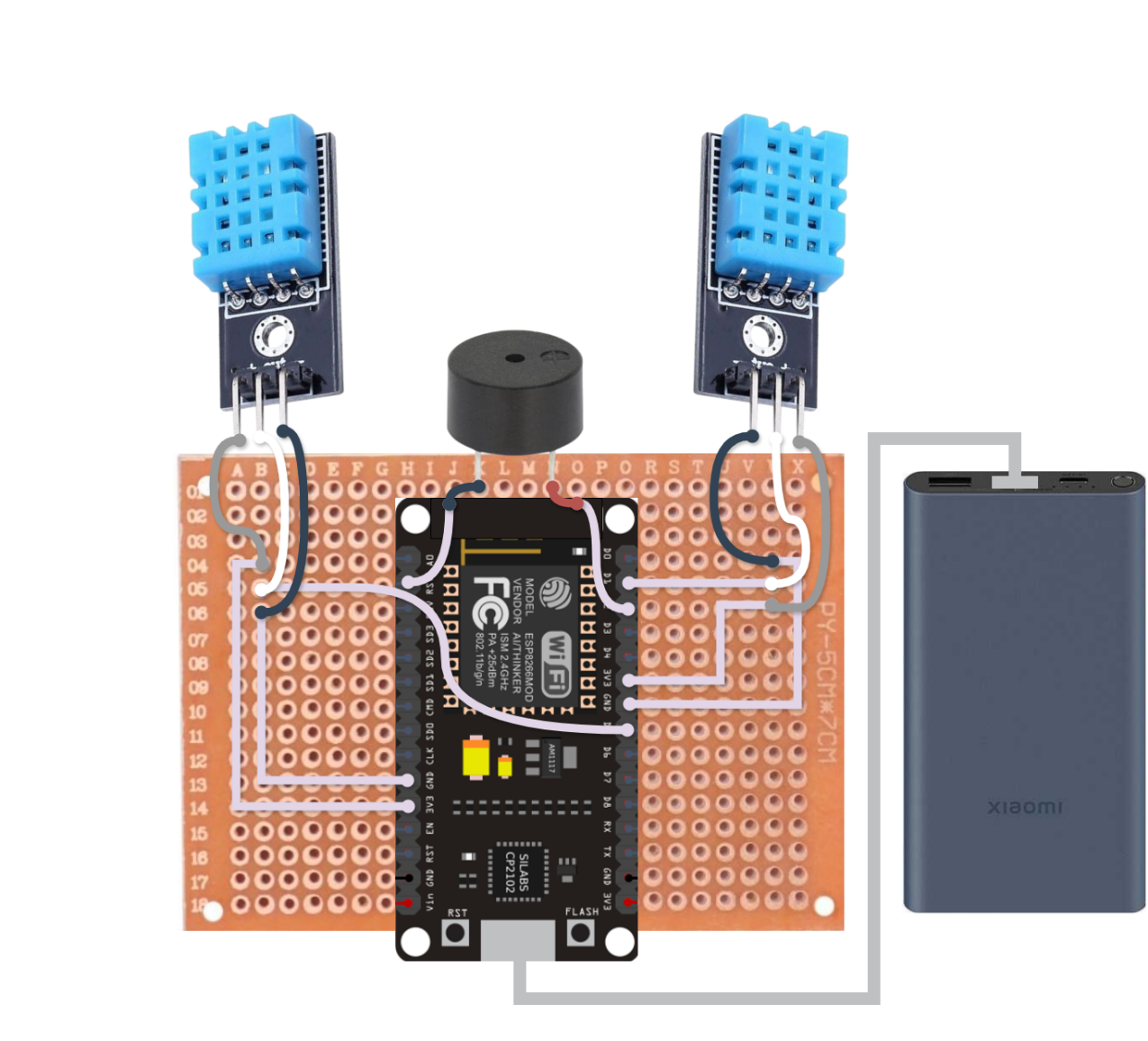
## Pembangunan Perangkat

, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliqeiusmod tempor.

### Pembangunan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dihubungkan pada sebuah *universal* PCB supaya perangkat dapat diganti jika diperlukan. NodeMCU ESP8266 dihubungkan ke *universal* PCB pada *slot female* yang di solder. DHT11 dihubungkan ke *universal* PCB dengan kabel *jumper*. *Buzzer* disolder ke *universal* PCB.

*Universal* PCB berperan sebagai *daughterboard* dan menghubungkan *output* DHT sebelah kiri ke pin D5 (GPIO14), menghubungkan *output* DHT sebelah kanan ke pin D1 (GPIO5), dan menghubungkan *input* *buzzer* ke D2 (GPIO4). Pin *power* DHT sebelah kiri dan *power* DHT sebelah kanan dihubungkan ke pin 3.3V terdekat dengan posisi *slot* DHT dan pin *ground* DHT sebelah kiri, *ground* DHT sebelah kanan, dan *ground* *buzzer* dihubungkan ke pin *ground* terdekat. Skematik perancangan perangkat keras tertera pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Skematik Perancangan

### Penggunaan Arduino

Program pada ESP8266 akan dibuat dengan pustaka PlatformIO dari Visual Studio Code untuk melakukan pembangunan dan pengunggahan program untuk ESP8266. Kode program dapat diakses melalui URL <https://github.com/roberika/iot-esp>.

Program melakukan beberapa pengaturan global seperti deklarasi penggunaan pustaka pada program dan konfigurasi program. Pustaka yang digunakan meliputi pustaka Arduino, pustaka-pustaka untuk koneksi *Wi-Fi* pada ESP8266, pustaka FirebaseClient, pustaka AdafruitSensor dan DHT unutk penggunaan DHT11, pustaka JSON oleh nlohmann, dan pustaka *time* untuk pengaturan pencatatan waktu. Pengaturan jaringan *Wi-Fi* dan konfigurasi layanan *Firebase* dilakukan melalui kode program. Kode program untuk melakukan pengaturan tersebut dilampirkan pada Gambar 3.9.

|  |
| --- |
| // Impor pustaka  #include <Arduino.h>  #include <ESP8266WiFi.h>  #include <WiFiClientSecure.h>  #include <FirebaseClient.h>  #include <nlohmann/json.hpp>  #include <Adafruit\_Sensor.h>  #include "DHT.h"  #include "time.h"   // Setelan database Firebase  #define WIFI\_SSID "Wifi Rumah"  #define WIFI\_PASSWORD "1992kunci"  #define DHT\_TYPE DHT11  #define FIREBASE\_PROJECT\_ID "dht-firebase-if51"  #define API\_KEY "AIzaSyDwOZzT\_L0wlNby5OrAscTdL8sBKDmZ1ik"  #define THRESHOLD\_COLLECTION\_ID "thresholds/threshold"  #define THRESHOLD\_INTERVAL 5000  #define RECORDS\_COLLECTION\_ID "records"  #define RECORDS\_INTERVAL 10000  #define USER\_EMAIL "dht-firebase@if51.mdp.ac.id"  #define USER\_PASSWORD "janganlupo"  #define DATABASE\_URL "https://dht-firebase-if51-default-rtdb.asia-southeast1.firebasedatabase.app/"  #define DATABASE\_SECRET "seXLmFU5gfHCwQ8SE4Y9yK1iDxLv1CAMJZtAkTed"  #define MONITORING\_INTERVAL 1000  #define BUZZER 4  #define DHT\_LEFT 14  #define DHT\_RIGHT 5  // Konfigurasi perangkat  DHT dhtLeft(DHT\_LEFT, DHT\_TYPE);  DHT dhtRight(DHT\_RIGHT, DHT\_TYPE);  DefaultNetwork network;  using json = nlohmann::json;  // Konfigurasi Firebase  FirebaseApp appFirestore, appRealtime;  UserAuth userAuth(API\_KEY, USER\_EMAIL, USER\_PASSWORD, 3000);  LegacyToken legacyToken(DATABASE\_SECRET);  RealtimeDatabase database;  AsyncResult resultFirestore, resultRealtime;  Firestore::Documents docs;  WiFiClientSecure sslFirestore, sslRealtime;  using AsyncClient = AsyncClientClass;  AsyncClient clientFirestore(sslFirestore, getNetwork(network)), clientRealtime(sslRealtime, getNetwork(network)); |

Gambar 3.9 Kode Program Konfigurasi Perangkat

Program menggunakan beberapa fungsi untuk mengolah data, seperti fungsi untuk menangani otentikasi, fungsi untuk mengambil *timestamp string* dari waktu pencatatan, fungsi untuk mengambil waktu saat ini dalam detik, fungsi untuk mencetak *payload* *Firebase* untuk *debugging*, dan fungsi untuk mencetak hasil eksekusi fungsi *Firebase* untuk *debugging*. Program menggunakan beberapa variabel untuk operasinya, yaitu variabel untuk menyimpan hasil rekaman sensor secara sementara, variabel untuk menyimpan *threshold* yang dimuat dari *Firebase Cloud Firestore* untuk perbandingan dan aktivasi *buzzer*, dan variabel untuk menyimpan jeda waktu dari penyimpanan rekaman terakhir. Fungsi dan variabel tersebut dideklarasikan pada Gambar 3.10.

|  |
| --- |
| // Fungsi perangkat  void authHandler(FirebaseApp appFirestore);  String getTimestampString(uint64\_t sec);  unsigned long getTime();  void printPayload(AsyncClient client, String payload);  void printResult(AsyncResult &aResult);  // Variabel perangkat  double thresholdDHTLeftTemperature;  double thresholdDHTLeftHumidity;  double recordedDHTLeftTemperature;  double recordedDHTLeftHumidity;  double thresholdDHTRightTemperature;  double thresholdDHTRightHumidity;  double recordedDHTRightTemperature;  double recordedDHTRightHumidity;  unsigned long lastThresholdUpdate = 0;  unsigned long lastFirestoreUpdate = 0;  unsigned long lastRealtimeUpdate = 0; |

Gambar 3.10 Kode Program Deklarasi Fungsi dan Variabel

Program perlu menjalankan serangkaian perintah sebelum memulai merekam sensor. Kode program ini tertulis dalam fungsi *setup()* sehingga dilaksanakan sebelum *loop* awal dimulai dan meliputi fungsi untuk menyetel ESP8266, menghubungkan ke jaringan, menghubungkan ke server NTP, menghubungkan ke *Cloud Firestore*, dan menghubungkan ke *Realtime Database*. Kode program untuk setelan awal perangkat dapat dibaca pada Gambar 3.11.

|  |
| --- |
| void setup() {    // Setup perangkat    Serial.begin(115200);    Serial.println(" ");    pinMode(BUZZER, OUTPUT);    dhtLeft.begin();    dhtRight.begin();      // Konek ke internet    WiFi.begin(WIFI\_SSID, WIFI\_PASSWORD);    Serial.print("Connecting to ");    Serial.print(WIFI\_SSID);    while (WiFi.status() != WL\_CONNECTED) {      Serial.print(".");      delay(500);    }    Serial.println();    Serial.print("Connected to ");    Serial.println(WiFi.localIP());    // Konek ke server NTP    //.. UTC+7 & no daylight savings    configTime(0, 0, "id.pool.ntp.org");      // Konek ke Firebase    Serial.print("Connecting to ");    Serial.println(FIREBASE\_PROJECT\_ID);    //.. Konek ke cloud firestore    sslFirestore.setInsecure();    sslFirestore.setBufferSizes(1024, 1024);  initializeApp(clientFirestore, appFirestore,  getAuth(userAuth), resultFirestore);    authHandler(appFirestore);    Serial.println("Authentication Information");    Firebase.printf("User UID: %s\n", appFirestore.getUid().c\_str());    Firebase.printf("Auth Token: %s\n", appFirestore.getToken().c\_str());  Firebase.printf("Refresh Token: %s\n",  appFirestore.getRefreshToken().c\_str());    appFirestore.getApp<Firestore::Documents>(docs);    clientFirestore.setAsyncResult(resultFirestore);    //.. Konek ke stream realtime database    sslRealtime.setInsecure();    sslRealtime.setBufferSizes(1024, 1024);    initializeApp(clientRealtime, appRealtime, getAuth(legacyToken));    appRealtime.getApp<RealtimeDatabase>(database);    database.url(DATABASE\_URL);    clientRealtime.setAsyncResult(resultRealtime);    Serial.print("Connected to ");    Serial.println(FIREBASE\_PROJECT\_ID);  } |

Gambar 3.11 Kode Program Setelah Perangkat

Program berjalan mengikuti fungsi *loop()* dari Arduino. Sebelum melakukan fungsi lain pada *loop* program pertama memastikan apakah klien *Firebase* sudah terhubung, melakukan otentikasi dengan *Cloud Firestore*, dan membiarkan fungsi *looping* dari *Realtime Database* dan *Cloud Firestore* telah berjalan terlebih dahulu. Kode program awal *loop* tercantumkan pada Gambar 3.12.

|  |
| --- |
| void loop() {    if (!appFirestore.ready() || !appRealtime.ready()) {      return;    }    authHandler(appFirestore);    database.loop();    docs.loop();  //...  } |

Gambar 3.12 Kode Program Awal *Loop*

Program memuat *threshold* dari *Cloud Firestore* setiap 5 detik untuk memastikan *threshold* sesuai dengan setelan dari pengguna namun tidak memberatkan *database* atau perangkat. *Threshold* yang dimuat mencakup *threshold* untuk kelembaban dan suhu pada sensor DHT sebelah kiri dan kelembaban dan suhu pada sensor DHT sebelah kanan. Kode program untuk memuat *threshold* dicantumkan pada Gambar 3.13.

|  |
| --- |
| void loop() {  //...    // Ambil nilai threshold yang disimpan pada Firebase    if (millis() - lastThresholdUpdate > THRESHOLD\_INTERVAL) {      lastThresholdUpdate = millis();      //.. Ambil Document dht1 dan dht2 pada Collection      //.. threshold yang berisi threshold peringatan buzzer      Serial.println("Fetching thresholds...");      String payload = docs.get(clientFirestore,  Firestore::Parent(FIREBASE\_PROJECT\_ID), THRESHOLD\_COLLECTION\_ID,  GetDocumentOptions(DocumentMask()));      //.. Muat threshold      json decoded = json::parse(payload);      json threshold = decoded.at("fields");      thresholdDHTLeftTemperature = threshold.at("leftTemperature")  .at("doubleValue").template get<double>();      thresholdDHTLeftHumidity = threshold.at("leftHumidity")  .at("doubleValue").template get<double>();      thresholdDHTRightTemperature = threshold.at("rightTemperature")  .at("doubleValue").template get<double>();      thresholdDHTRightHumidity = threshold.at("rightHumidity")  .at("doubleValue").template get<double>();      Serial.println(thresholdDHTLeftTemperature);      Serial.println(thresholdDHTLeftHumidity);      Serial.println(thresholdDHTRightTemperature);      Serial.println(thresholdDHTRightHumidity);      Serial.println(" ");    }    //...  } |

Gambar 3.13 Kode Program Memuat *Threshold*

Program mengukur kelemababan dan suhu melalui sensor dan menyimpannya ke *Realtime Database* setiap 1 detik. Pada bagian ini program juga membandingkan rekaman dengan nilai *threshold* untuk mengecek apakah salah satu sisi melewati *threshold* dan apakah *buzzer* perlu dibunyikan. Kode program pengukuran dan pembandingan ini dilampirkan pada Gambar 3.14.

|  |
| --- |
| void loop() {  //...    if (millis() - lastRealtimeUpdate > MONITORING\_INTERVAL) {      lastRealtimeUpdate = millis();      // Ambil data suhu dan kelembaban dari dht      Serial.println("Recording room condition...");      recordedDHTLeftTemperature = dhtLeft.readTemperature(false);      recordedDHTLeftHumidity = dhtLeft.readHumidity();      recordedDHTRightTemperature = dhtRight.readTemperature(false);      recordedDHTRightHumidity = dhtRight.readHumidity();      Serial.println(recordedDHTLeftTemperature);      Serial.println(recordedDHTLeftHumidity);      Serial.println(recordedDHTRightTemperature);      Serial.println(recordedDHTRightHumidity);      Serial.println(" ");      // Cek apakah suhu dan kelembaban melebihi nilai threshold      bool leftDanger = recordedDHTLeftHumidity >= thresholdDHTLeftHumidity  && recordedDHTLeftTemperature >= thresholdDHTLeftTemperature;      bool rightDanger =  recordedDHTRightHumidity >= thresholdDHTRightHumidity  && recordedDHTRightTemperature >= thresholdDHTRightTemperature;      if(!leftDanger && !rightDanger) {        digitalWrite(BUZZER, LOW);        Serial.println("calm...");      } else {        if(leftDanger) {          digitalWrite(BUZZER, HIGH);          Serial.println("LEFT, DANGER!!!");        }        if(rightDanger) {          digitalWrite(BUZZER, HIGH);          Serial.println("RIGHT, DANGER!!!");        }      }      Serial.println(" ");      // Simpan data pengukuran ke Realtime Database      Serial.println("Updating monitor values...");      Serial.println("Left Humidity...");      database.set<double>(clientRealtime, "/leftHumidity",  recordedDHTLeftHumidity);      Serial.println("Left Temperature...");      database.set<double>(clientRealtime, "/leftTemperature",  recordedDHTLeftTemperature);      Serial.println("Right Humidity...");      database.set<double>(clientRealtime, "/rightHumidity",  recordedDHTRightHumidity);      Serial.println("Right Temperature...");      database.set<double>(clientRealtime, "/rightTemperature",  recordedDHTRightTemperature);      Serial.println(" ");    }    //...  } |

Gambar 3.14 Kode Program Mengecek dan Menyimpan Rekaman

Program menyimpan catatan rekaman ke *Cloud Firestore* setiap 10 detik. Catatan memuat sisi DHT mana yang digunakan untuk rekaman, tingkat kelembaban dan suhu yang direkam, dan waktu pengambilan rekaman. Kode program untuk menyimpan catatan dilampirkan pada Gambar 3.15.

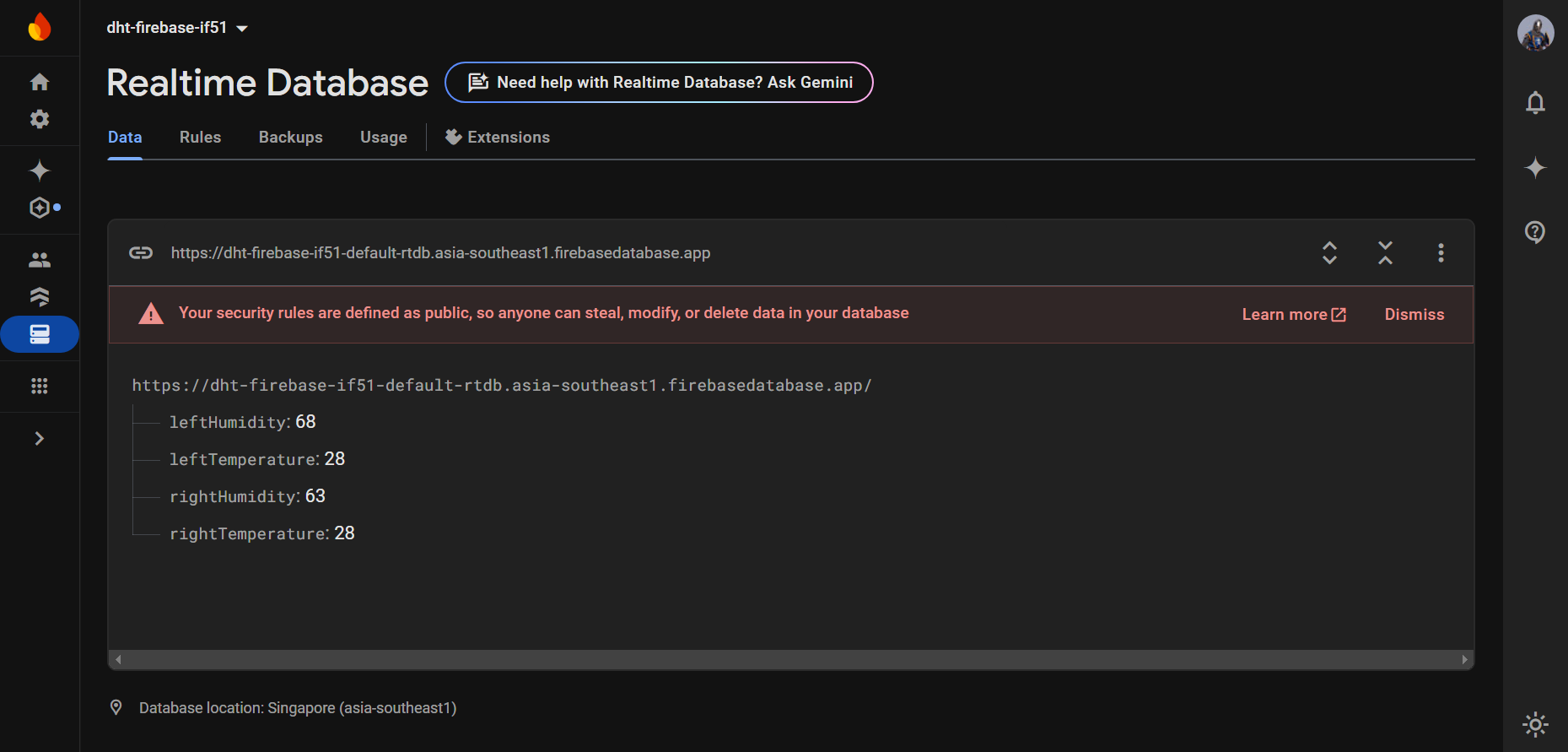
|  |
| --- |
| void loop() {  //...    // Simpan rekaman catatan ke Cloud Firestore    if (millis() - lastFirestoreUpdate > RECORDS\_INTERVAL) {      lastFirestoreUpdate = millis();      for(int i = 0; i < 2; i++) {        //.. Susun jadi 1 dokumen        Serial.println("Saving recorded conditions...");        Serial.println("Timestamp...");        Values::TimestampValue recordTime(getTimestampString(getTime()));        Serial.println("Temperature...");        Values::DoubleValue recordTemperature((i == 0) ?  recordedDHTLeftTemperature : recordedDHTRightTemperature);        Serial.println("Humidity...");        Values::DoubleValue recordHumidity((i == 0) ?  recordedDHTLeftHumidity : recordedDHTRightHumidity);        Serial.println("Type...");        Values::IntegerValue recordDHTID(i);        Document<Values::Value> doc("dhtid", Values::Value(recordDHTID));        doc.add("timestamp", Values::Value(recordTime));        doc.add("temperature", Values::Value(recordTemperature));        doc.add("humidity", Values::Value(recordHumidity));        //.. Buat ID baru untuk dokumen, jadikan payload, dan kirim        String documentPath = RECORDS\_COLLECTION\_ID;        Serial.println("Saving...");        String payload = docs.createDocument(clientFirestore,  Firestore::Parent(FIREBASE\_PROJECT\_ID),  documentPath, DocumentMask(), doc);          //.. Tampilkan payload atau error        // printPayload(clientFirestore, payload);        Serial.println(" ");      }    }  } |

Gambar 3.15 Kode Program Menyimpan Catatan Rekaman

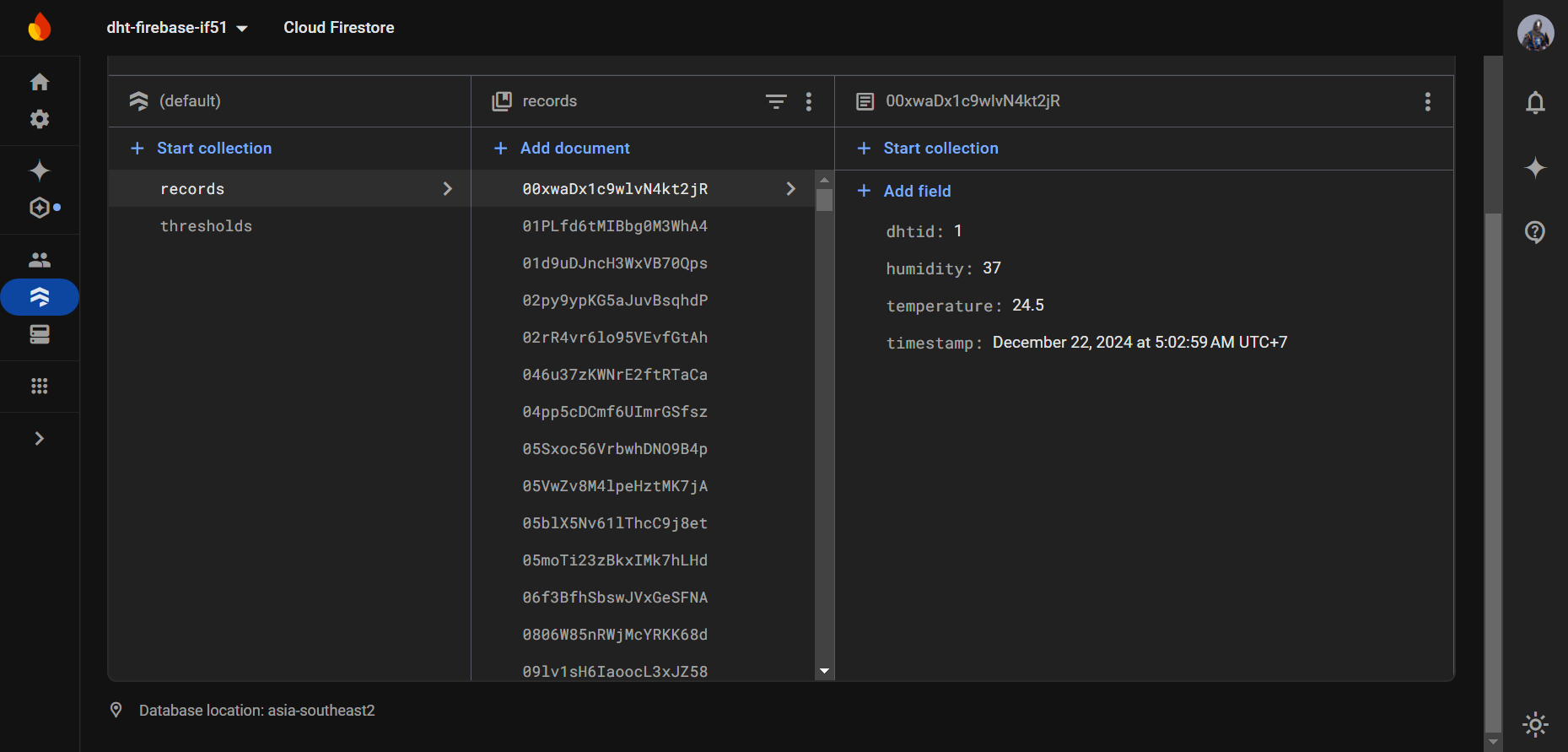
### Penggunaan Firebase

Nilai sensor yang di dapat dari DHT11 akan diproses dan disimpan pada *Firebase*. Data hasil rekaman sensor akan diperbaharui setiap 1 detik dan disimpan pada *Firebase Realtime Database* untuk mengakses sensor secara *realtime*/*live*. Data catatan rekaman sensor akan disimpan setiap 10 detik pada *Firebase Cloud Firestore* untuk mengakses catatan rekaman sensor saat diperlukan. *Threshold* yang digunakan untuk membunyikan *buzzer* juga disimpan pada *Cloud Firestore* dan dimuat ulang pada ESP8266 setiap 5 detik.

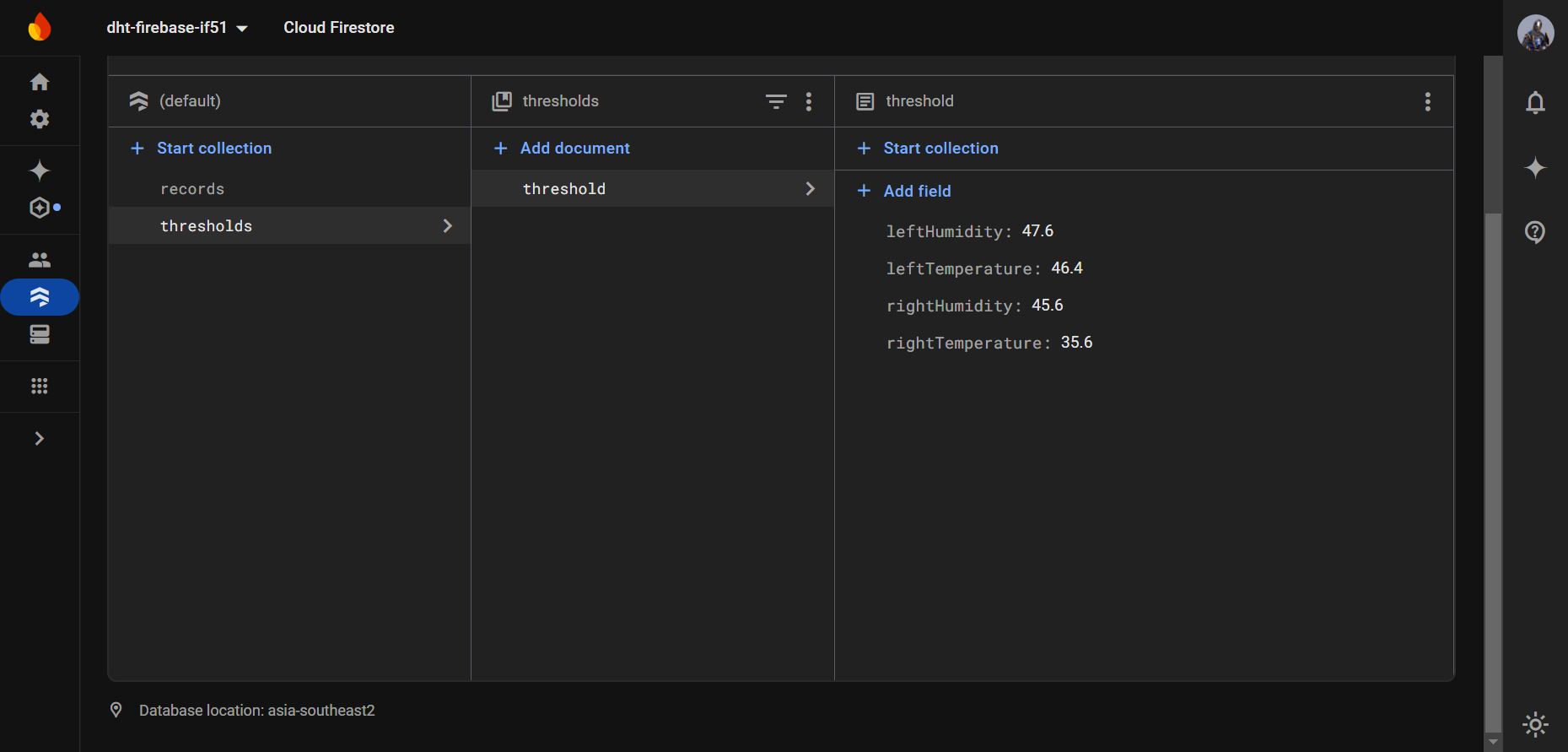
Contoh *live* rekaman sensor pada *Firebase Realtime Database* dapat dilihat pada Gambar 3.10. Contoh catatan rekaman sensor pada *Firebase Cloud Firestore* dapat dilihat pada Gambar 3.11. Contoh *threshold* pada *Firebase Cloud Firestore* dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.16 *Live* Rekaman Sensor pada *Realtime Database*



Gambar 3.17 Catatan Rekaman Sensor pada *Cloud Firestore*

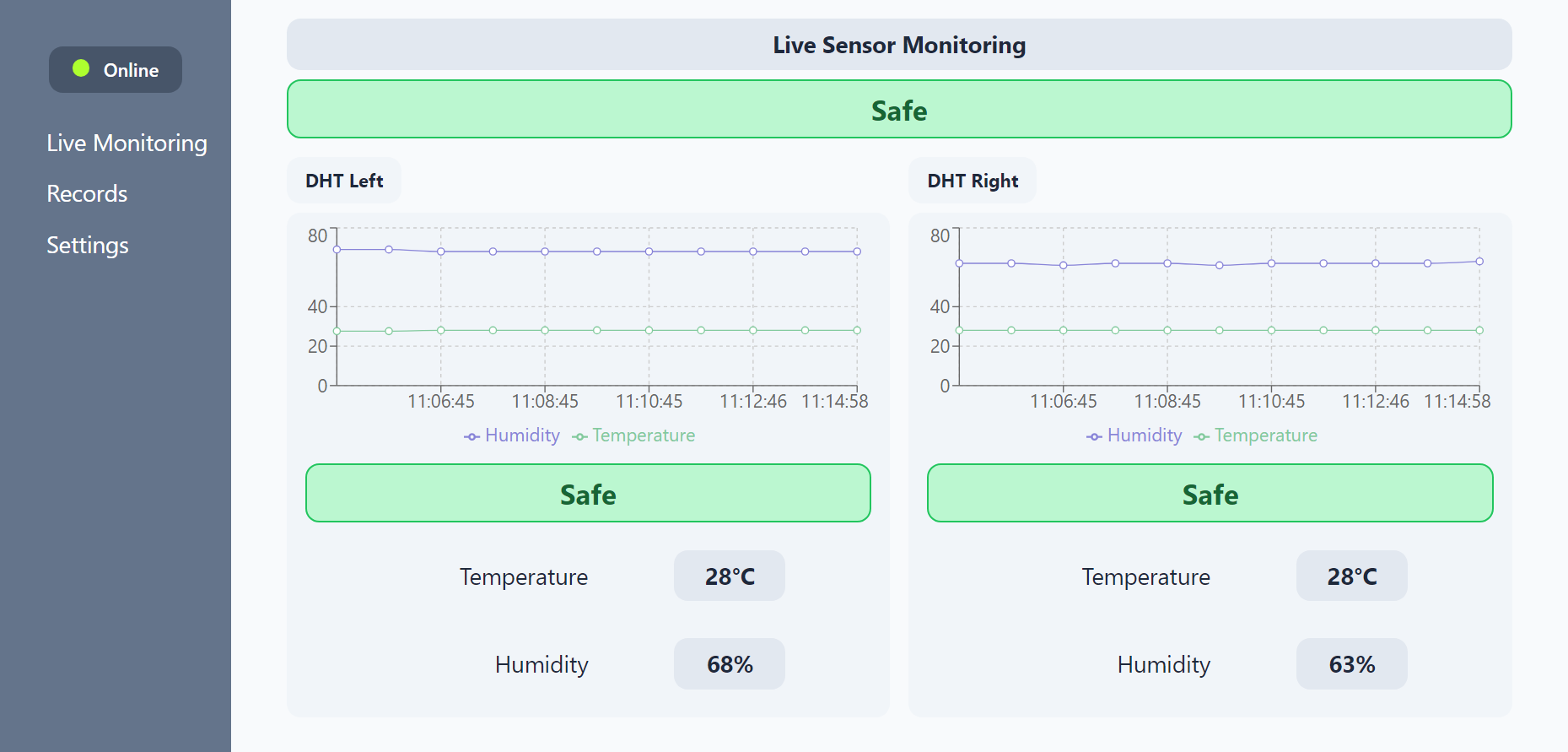


Gambar 3.18 *Threshold* pada *Cloud Firestore*

### Pembangunan Aplikasi Berbasis Web

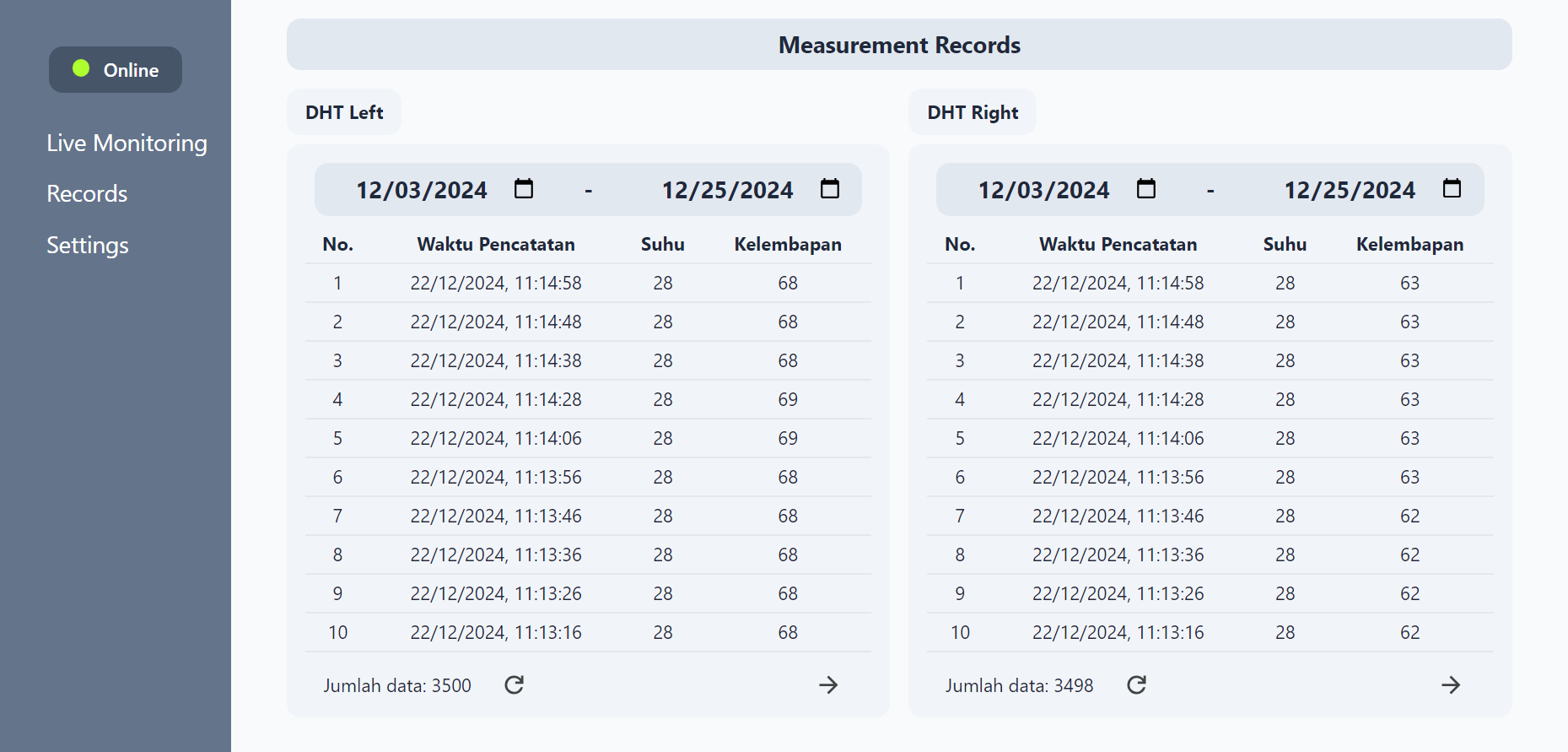
Aplikasi berbasis web dapat digunakan untuk melihat hasil pengukuran dari sensor DHT, melihat catatan pengukuran lalu sensor, dan menyetel *threshold* yang digunakan sensor untuk mengetahui kapan untuk berbunyi. Aplikasi berbasis web bekerja dengan mengolah dan menampilkan data yang tersimpan pada database *Firebase* saat pengguna mengakses aplikasi pada Github Pages lewat URL <https://roberika.github.io/iot-gui/>.Aplikasi berbasis web dibangun dengan *framework* JavaScript, ReactJS, *framework* CSS, Tailwind, dan *build tool* Vite.

Halaman *Live Monitoring* menampilkan apakah kelembaban dan suhu pada sensor melewati *threshold*, nilai *realtime* dari kelembaban dan suhu, dan grafik berisi 10 catatan terakhir dalam jeda 1 menit untuk setiap sensor DHT11. Tampilan halaman *Live Monitoring* dapat dilihat pada Gambar 3.19.



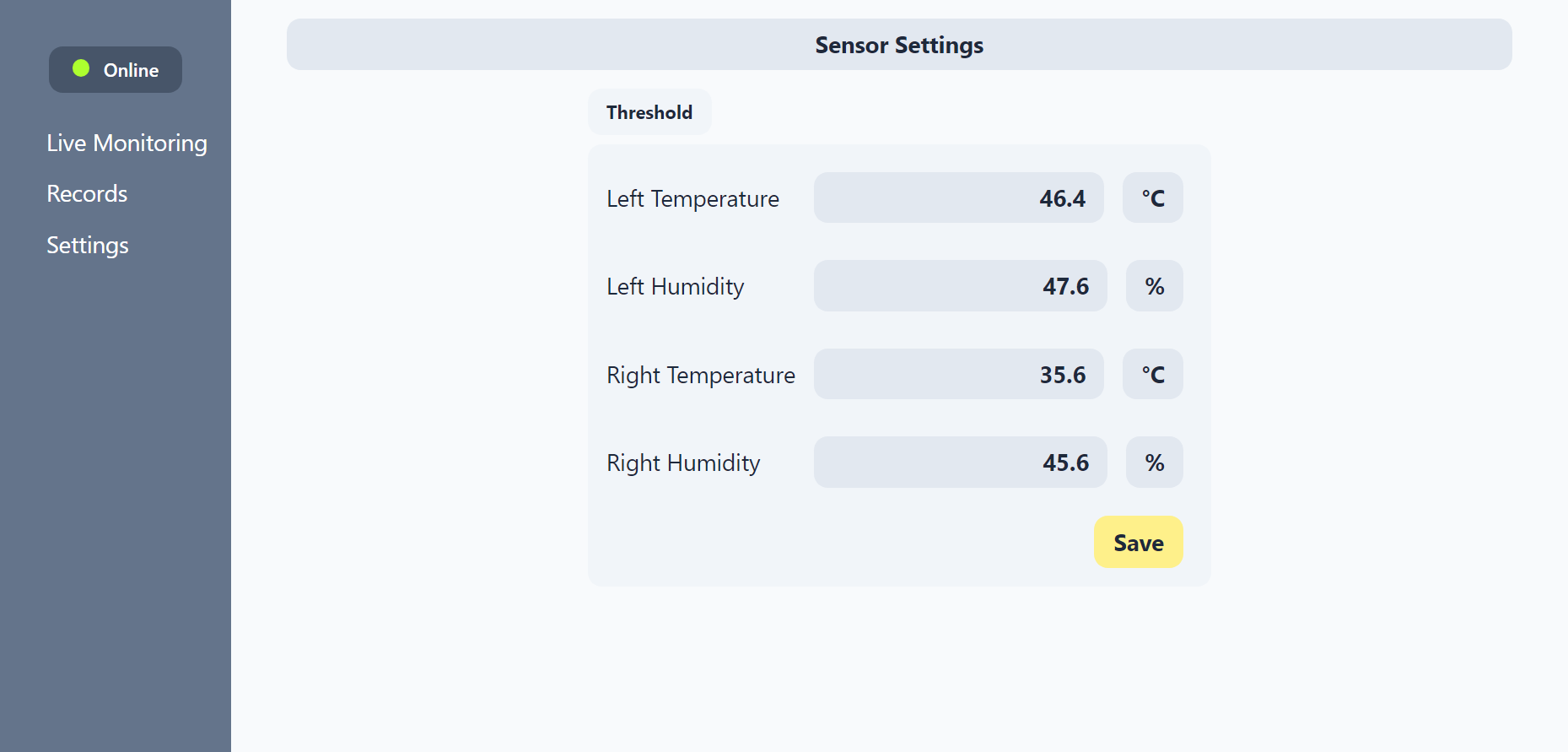
Gambar 3.19 Halaman *Live Monitoring*

Halaman *Records* berisi catatan pengukuran kelembaban dan suhu ditampilkan dalam sebuah tabel yang dapat disetel untuk memuat rekaman dari dan sampai tanggal berapa. Halaman *Records* dapat dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20 Halaman *Records*

Halaman *Settings* dapat digunakan untuk melihat dan menyetel *threshold* yang digunakan oleh perangkat sebagai indikator untuk membunyikan *buzzer*. Tampilan halaman *Settings* digambarkan pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21 Halaman *Settings*

Aplikasi berbasis web merupakan aplikasi *Single Page Application* mengikuti batasan dari Github untuk meng-*host* aplikasi pada Github Pages. Aplikasi menggunakan pustaka *Firebase* untuk mengambil dan mengolah data yang tersimpan pada *Cloud Firestore* dan *Realtime Database*. Kode program untuk aplikasi berbasis web dapat diakses melalui repositori Github pada URL <https://github.com/roberika/iot-gui>.

Halaman *Live Monitoring* mengambil data 60 catatan kelembaban dan suhu terakhir dari *Cloud Firestore* untuk menyusun grafik pengukuran selama 10 menit terakhir dan mengambil data pengukuran *live* dari *Realtime Database* untuk menampilkan status, kelembaban, dan suhu dari masing-masing sensor DHT11. Kode program yang digunakan untuk melakukan fungsi ini dilampirkan pada Gambar 3.22 dan Gambar 3.23.

|  |
| --- |
| import { useEffect, useState } from 'react'  import { firestore, realtime } from './Firebase';  import { doc, getDoc } from 'firebase/firestore';  import { onValue, ref } from 'firebase/database';  import './App.css'  import LiveChart from './LiveChart';  const Units = {      TEMPERATURE: "°C",      HUMIDITY: "%",  }  const DHTID\_LEFT = 0;  const DHTID\_RIGHT = 1;  function LiveMonitoring() {      const [leftDanger, setLeftDanger] = useState(false);      const [rightDanger, setRightDanger] = useState(false);      const [leftTemperature, setLeftemperature] = useState(0);      const [leftHumidity, setLeftHumidity] = useState(0);      const [rightTemperature, setRightTemperature] = useState(0);      const [rightHumidity, setRightHumidity] = useState(0);      const setDanger = async (          leftTemperature,          leftHumidity,          rightTemperature,          rightHumidity      ) => {          const thresholdRef = doc(firestore, "thresholds", "threshold");          const thresholdSnapshot = await getDoc(thresholdRef);          const threshold = thresholdSnapshot.data();          setLeftDanger(              (threshold.leftTemperature <= leftTemperature) &&              (threshold.leftHumidity <= leftHumidity)          );          setRightDanger(              (threshold.rightTemperature <= rightTemperature) &&              (threshold.rightHumidity <= rightHumidity)          );      }      const getDangerSide = () => {          if (leftDanger && rightDanger) {              return "Both"          }          if (leftDanger) {              return "Left"          }          if (rightDanger) {              return "Right"          }          return "Safe"      }      useEffect(() => {          const liveRef = ref(realtime);          onValue(liveRef, (snapshot) => {              const newVal = snapshot.val()              const leftTemperature = newVal.leftTemperature;              const leftHumidity = newVal.leftHumidity;              const rightTemperature = newVal.rightTemperature;              const rightHumidity = newVal.rightHumidity;              setLeftemperature(leftTemperature);              setLeftHumidity(leftHumidity);              setRightTemperature(rightTemperature);              setRightHumidity(rightHumidity);              setDanger(                  leftTemperature, leftHumidity,                  rightTemperature, rightHumidity              );          });      }, [])      return (          <div className='live-monitoring'>              <p className='content-title'>                  Live Sensor Monitoring              </p>              <div className={'card card-background live-measure-status ' +                  ((leftDanger || rightDanger)                      ? "live-measure-danger" : "live-measure-safe")}>                  {getDangerSide()}              </div>              <div className='lg:content'>                  <div className='grow'>                      <div className='card-unimportant card-title'>                          <p>DHT Left</p>                      </div>                      <div className='card card-background'>                          <div className='live-measure-row'>                              <LiveChart dhtid={DHTID\_LEFT} />                              <LiveMonitor value={leftDanger} />                              <LiveMeasure unit={Units.TEMPERATURE}                                  value={leftTemperature} />                              <LiveMeasure unit={Units.HUMIDITY}                                  value={leftHumidity} />                          </div>                      </div>                  </div>                  <div className='grow'>                      <div className='card-unimportant card-title'>                          <p>DHT Right</p>                      </div>                      <div className='card card-background'>                          <div className='live-measure-row'>                              <LiveChart dhtid={DHTID\_RIGHT} />                              <LiveMonitor value={rightDanger} />                              <LiveMeasure unit={Units.TEMPERATURE}                                  value={rightTemperature} />                              <LiveMeasure unit={Units.HUMIDITY}                                  value={rightHumidity} />                          </div>                      </div>                  </div>              </div>          </div>      )  }  function LiveMonitor({ value }) {      return (          <p className={'live-measure-status ' +              (value ? "live-measure-danger" : "live-measure-safe")}>              {value ? "Danger" : "Safe"}          </p>      )  }  function LiveMeasure({ unit, value }) {      return (          <div className='sm:live-measure'>              <p className='ml-auto my-auto sm:text-xl'>                  {unit == Units.TEMPERATURE                      ? "Temperature" : "Humidity"}              </p>              <p className='live-measure-units min-w-24'>                  {value + unit}              </p>          </div>      )  }  export default LiveMonitoring |

Gambar 3.22 Kode Program Halaman *Live Monitoring*

|  |
| --- |
| import { useEffect, useState } from 'react'  import { firestore } from './Firebase';  import {      collection, getDocs, limit,      orderBy, query, where  } from 'firebase/firestore';  import {      CartesianGrid, Legend, Line, LineChart,      ResponsiveContainer, Tooltip, XAxis, YAxis  } from 'recharts';  import './App.css'  const Units = {      TEMPERATURE: "°C",      HUMIDITY: "%",  }  const RECORDS\_PER\_PAGE = 61;  function LiveChart({ dhtid }) {      const getDate = (timestamp) => {          return timestamp.toDate().toLocaleDateString("en-GB", {              day: "2-digit",              month: "2-digit",              year: "numeric",          });      }      const getTime = (timestamp) => {          return timestamp.toDate().toLocaleTimeString("en-GB", {              hour: "2-digit",              minute: "2-digit",              second: "2-digit",          });      }      const [records, setRecords] = useState(null);      const loadData = async () => {          const querySnapshot = await getDocs(query(              collection(firestore, "records"),              where("dhtid", "==", dhtid),              orderBy("timestamp", "desc"),              limit(RECORDS\_PER\_PAGE)          ));          setRecords(querySnapshot);      }      const getData = () => {          const data = !records ? [] : records.docs.map((doc, index) => {              if (index % 6 == 0) return {                  "dht": dhtid == 0 ? "Left" : "Right",                  "humidity": doc.data().humidity,                  "temperature": doc.data().temperature,                  "date": getDate(doc.data().timestamp),                  "time": getTime(doc.data().timestamp),              }              return null;          }).filter((e) => e != null);          return data.reverse();      }      useEffect(() => {          loadData();      }, [])      return (          <ResponsiveContainer width="99%" height={200} className="mx-auto">              <LineChart data={getData()} syncId={"dht-records"}                  margin={{ top: 5, right: 10, left: 5, bottom: 5 }}>                  <CartesianGrid strokeDasharray="3 3" />                  <XAxis dataKey="time" />                  <YAxis width={20} />                  <Tooltip />                  <Legend />                  <Line name="DHT" type="monotone" dataKey="dht"                      stroke="#724892" legendType='none' hide='true' />                  <Line name="Date" type="monotone" dataKey="date"                      stroke="#d66884" legendType='none' hide='true' />                  <Line name="Humidity" type="monotone"                      dataKey="humidity" stroke="#8884d8"                      unit={Units.HUMIDITY} />                  <Line name="Temperature" type="monotone"                      dataKey="temperature" stroke="#82ca9d"                      unit={Units.TEMPERATURE} />              </LineChart>          </ResponsiveContainer>      )  }  export default LiveChart |

Gambar 3.23 Kode Program Grafik pada *Live Monitoring*

Halaman *Records* mengambil data 10 catatan kelembaban dan suhu terakhir dari *Cloud Firestore* untuk menyusun tabel catatan pengukuran. Tabel juga dapat digunakan untuk menyeleksi jangkauan waktu catatan yang akan dimuat pada tabel dan dapat memilih untuk menampilkan 10 data catatan selanjutnya dengan prinsip *pagination* untuk tidak memberatkan *database*. Kode program yang digunakan untuk membangun fitur ini dilampirkan pada Gambar 3.24 dan Gambar 3.25.

|  |
| --- |
| import './App.css'  import RecordsTable from './RecordsTable';  const DHTID\_LEFT = 0;  const DHTID\_RIGHT = 1;  function Records() {      return (          <div className='records'>              <p className='content-title'>                  Measurement Records              </p>              <div className='lg:content'>                  <div className='grow'>                      <div className='card-unimportant card-title'>                          <p>DHT Left</p>                      </div>                      <div className='card card-background'>                          <RecordsTable dhtid={DHTID\_LEFT} />                      </div>                  </div>                  <div className='grow'>                      <div className='card-unimportant card-title'>                          <p>DHT Right</p>                      </div>                      <div className='card card-background'>                          <RecordsTable dhtid={DHTID\_RIGHT} />                      </div>                  </div>              </div>          </div>      )  }  export default Records |

Gambar 3.24 Kode Program Halaman *Records*

|  |
| --- |
| import { useEffect, useState } from 'react'  import { firestore } from './Firebase';  import {      collection, query, where, getDocs,      orderBy, getCountFromServer, limit,      startAfter, endBefore, limitToLast  } from "firebase/firestore";  import './App.css'  import RefreshIcon from './assets/refresh-icon.svg'  import PrevIcon from './assets/prev-icon.svg'  import NextIcon from './assets/next-icon.svg'  const RECORDS\_PER\_PAGE = 10;  function RecordsTable({ dhtid }) {      const getToday = () => {          const today = new Date();          return today.toISOString().slice(0, 10);      }      const getYesterday = () => {          const yesterday = new Date();          yesterday.setDate(yesterday.getDate() - 1);          return yesterday.toISOString().slice(0, 10);      }      const [records, setRecords] = useState(null);      const [recordsCount, setRecordsCount] = useState(0);      const [page, setPage] = useState(0);      const [startDate, setStartDate] = useState(getYesterday())      const [endDate, setEndDate] = useState(getToday())      const loadData = async (cursor = null, forward = true, page = 0) => {          const countSnapshot = await getCountFromServer(query(              collection(firestore, "records"),              where("dhtid", "==", dhtid),              where("timestamp", ">=", getSeconds(startDate, false)),              where("timestamp", "<=", getSeconds(endDate, true)),          ));          setRecordsCount(countSnapshot.data().count);          let querySnapshot;          if (page == 0) {              querySnapshot = await getDocs(query(                  collection(firestore, "records"),                  where("dhtid", "==", dhtid),                  where("timestamp", ">=", getSeconds(startDate, false)),                  where("timestamp", "<=", getSeconds(endDate, true)),                  orderBy("timestamp", "desc"),                  limit(RECORDS\_PER\_PAGE)              ));          } else if (forward) {              querySnapshot = await getDocs(query(                  collection(firestore, "records"),                  where("dhtid", "==", dhtid),                  where("timestamp", ">=", getSeconds(startDate, false)),                  where("timestamp", "<=", getSeconds(endDate, true)),                  orderBy("timestamp", "desc"),                  startAfter(cursor),                  limit(RECORDS\_PER\_PAGE)              ));          } else {              querySnapshot = await getDocs(query(                  collection(firestore, "records"),                  where("dhtid", "==", dhtid),                  where("timestamp", ">=", getSeconds(startDate, false)),                  where("timestamp", "<=", getSeconds(endDate, true)),                  orderBy("timestamp", "desc"),                  endBefore(cursor),                  limitToLast(RECORDS\_PER\_PAGE)              ));          }          setRecords(querySnapshot);      }      const nextPage = () => {          loadData(records.docs[records.docs.length - 1], true, page + 1);          setPage(page + 1);      }      const prevPage = () => {          loadData(records.docs[0], false, page - 1);          setPage(page - 1);      }      const getRecords = () => {          return !records ? [] : records.docs.map((doc, \_) => doc.data())      }      const getDate = (timestamp) => {          return timestamp.toDate().toLocaleDateString("en-GB", {              day: "2-digit",              month: "2-digit",              year: "numeric",              hour: "2-digit",              minute: "2-digit",              second: "2-digit",          });      }      const getSeconds = (dateString, end = false) => {          const millis = Math.floor(Date.parse(dateString)) +              (end ? 86399999 : 0);          return new Date(millis);      }      useEffect(() => {          loadData();      }, [startDate, endDate]);      return (          <div className='records-table'>              <div className='card card-emphasis bg-slate-200'>                  <div className='flex flex-col sm:flex-row'>                      <input value={startDate}                          className='records-table-date' type='date'                          onChange={(e) => { setStartDate(e.target.value) }}>                      </input>                      <p className='grow hidden sm:block'>-</p>                      <hr className='bg-slate-300 h-0.5' />                      <input value={endDate}                          className='records-table-date' type='date'                          onChange={(e) => { setEndDate(e.target.value) }}>                      </input>                  </div>              </div>              <table>                  <thead>                      <tr>                          <th className='hidden sm:table-cell'>No.</th>                          <th>Waktu Pencatatan</th>                          <th>Suhu</th>                          <th>Kelembapan</th>                      </tr>                  </thead>                  <tbody>                      {getRecords().map((record, index) => {                          return <tr key={index}>                              <td className='hidden sm:table-cell'>                                  {index + (page \* RECORDS\_PER\_PAGE) + 1}                              </td>                              <td>{getDate(record.timestamp)}</td>                              <td>{record.temperature}</td>                              <td>{record.humidity}</td>                          </tr>                      })}                  </tbody>              </table>              <div className='flex px-4 pt-2'>                  <div className='flex-shrink pr-4 py-2 hidden sm:block'>                      {`Jumlah data: ${recordsCount}`}                  </div>                  <button className='records-table-button' type='button'                      onClick={() => loadData(null, false)}>                      <img src={RefreshIcon} />                  </button>                  <div className='flex-grow' />                  {page > 0 ? (                      <button className='records-table-button'                          type='button' onClick={prevPage}>                          <img src={PrevIcon} />                      </button>                  ) : (                      <button className='records-table-button'                          type='button' disabled>                          <img className='invisible' src={PrevIcon} />                      </button>                  )}                  {(page + 1) \* RECORDS\_PER\_PAGE < recordsCount ? (                      <button className='records-table-button'                          type='button' onClick={nextPage}>                          <img src={NextIcon} />                      </button>                  ) : (                      <button className='records-table-button'                          type='button' disabled>                          <img className='invisible' src={NextIcon} />                      </button>                  )}              </div>          </div>      )  }  export default RecordsTable |

Gambar 3.25 Kode Program Tabel pada *Records*

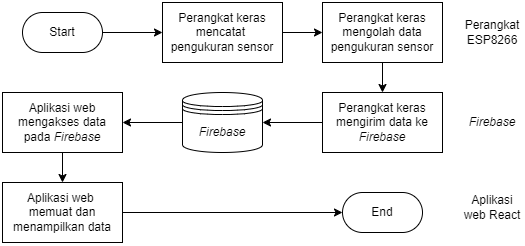
Halaman *Settings* dapat digunakan untuk menyetel *threshold* kelembaban dan suhu untuk masing-masing sensor DHT11. Kode program pada penyetelan *threshold* dapat dilihat pada Gambar 3.26.

|  |
| --- |
| import { useEffect, useState } from 'react'  import { firestore } from './Firebase';  import { doc, getDoc, updateDoc } from "firebase/firestore";  import './App.css'  const Units = {      TEMPERATURE: "°C",      HUMIDITY: "%",  }  const Sensors = {      LEFT: "0",      RIGHT: "1",  }  function Settings() {      const [threshold, setThreshold] = useState({          leftTemperature: '0',          leftHumidity: '0',          rightTemperature: '0',          rightHumidity: '0',      });      const getThresholds = async () => {          const thresholdRef = doc(firestore, "thresholds", "threshold");          const thresholdSnapshot = await getDoc(thresholdRef);          setThreshold(thresholdSnapshot.data());      }      const handleChange = (e) => {          setThreshold(prev => ({ ...prev, [e.target.name]: e.target.value }));      }      const handleSubmit = async (e) => {          e.preventDefault(); //Don't refresh the page          const thresholdRef = doc(firestore, "thresholds", "threshold");          await updateDoc(thresholdRef, {              leftTemperature: parseFloat(threshold.leftTemperature),              leftHumidity: parseFloat(threshold.leftHumidity),              rightTemperature: parseFloat(threshold.rightTemperature),              rightHumidity: parseFloat(threshold.rightHumidity),          })      }      useEffect(() => {          getThresholds();      }, []);      return (          <div className='settings'>              <p className='content-title'>                  Sensor Settings              </p>              <div className='lg:content'>                  <form className='grow lg:grow-0 lg:mx-auto'                      onSubmit={handleSubmit}>                      <div className='card-unimportant card-title'>                          <p>Threshold</p>                      </div>                      <div className='card card-background'>                          <SettingsThreshold                              sensor={Sensors.LEFT}                              unit={Units.TEMPERATURE}                              value={threshold.leftTemperature}                              onChange={handleChange}                          />                          <SettingsThreshold                              sensor={Sensors.LEFT}                              unit={Units.HUMIDITY}                              value={threshold.leftHumidity}                              onChange={handleChange}                          />                          <SettingsThreshold                              sensor={Sensors.RIGHT}                              unit={Units.TEMPERATURE}                              value={threshold.rightTemperature}                              onChange={handleChange}                          />                          <SettingsThreshold                              sensor={Sensors.RIGHT}                              unit={Units.HUMIDITY}                              value={threshold.rightHumidity}                              onChange={handleChange}                          />                          <div className='w-full'>                              <button className='card                              card-emphasis block ml-auto                              bg-yellow-200 focus:bg-green-200'>                                  Save                              </button>                          </div>                      </div>                  </form>              </div>          </div>      )  }  function SettingsThreshold({ sensor, unit, value, onChange }) {      const getName = () => {          return (              (sensor == Sensors.LEFT ? "left" : "right") +              (unit == Units.TEMPERATURE ? "Temperature" : "Humidity")          );      }      const getLabel = () => {          return (              (sensor == Sensors.LEFT ? "Left" : "Right") + " " +              (unit == Units.TEMPERATURE ? "Temperature" : "Humidity")          )      }      return (          <div className='sm:threshold'>              <label htmlFor={getName()}                  className='mr-auto my-auto sm:text-xl smcol-span-1'>                  {getLabel()}              </label>              <div className='flex sm:col-span-2 my-auto'>                  <input type='number' step="0.1"                      id={getName()} name={getName()} value={value}                      className='threshold-units grow w-24 sm:text-right'                      onChange={onChange} size={0} required />                  <p className='threshold-units'>                      {unit}                  </p>              </div>          </div>      )  }  export default Settings |

Gambar 3.26 Kode Program Halaman *Settings*

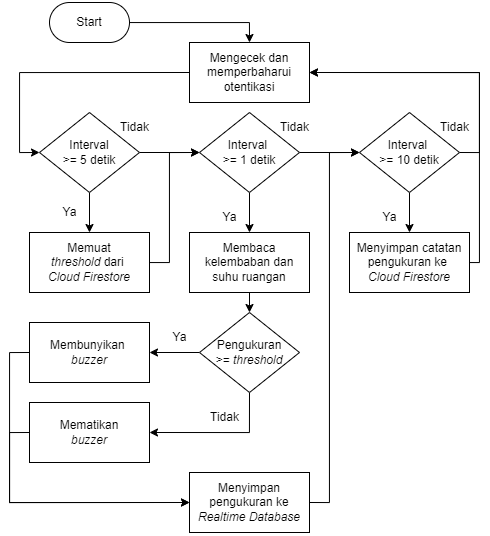
## Cara Kerja Perangkat

Sistem pemantauan kelembaban dan suhu ruangan bekerja dengan pertama perangkat keras mengukur kelembaban dan suhu melalui sensor DHT11 lalu kemudian mengelolanya untuk lebih mudah digunakan dan disimpan. Perangkat lalu mengirimkan data pengukuran ke layanan *database* *Firebase* sehingga dapat diakses oleh aplikasi berbasis web saat diperlukan pengguna. Saat aplikasi berbasis web digunakan, aplikasi akan memuat dan menampilkan hasil pengukuran kelembaban dan suhu oleh sensor. Alur penggunaan sistem pemantauan digambarkan pada Gambar 3.27.



Gambar 3.27 Alur Penggunaan Sistem

Perangkat keras pengukuran kelembaban dan suhu bekerja dengan pertama mengecek dan memperbaharui otentikasi. Setiap 5 detik, perangkat akan memuat *threshold* untuk *buzzer* dari *Cloud* *Firestore*. Setiap 1 detik perangkat akan membaca kelembaban dan suhu pada sensor DHT11, memutuskan untuk membunyikan atau mematikan *buzzer* berdasakan apakah pengukuran masing-masing sensor melebihi atau sama dengan *threshold*, lalu memperbaharui nilai pengukuran yang tersimpan pada *Realtime Database*. Setiap 10 detik perangkat akan menyimpan catatan hasil pengukuran kelembaban dan suhu ke *Cloud Firestore*. Setelah itu perangkat akan kembali ke awal perulangan dimulai dari mengecek dan memperbaharui otentikasi jika token yang diberikan telah *expired*. Alur kerja perangkat keras pengukuran kelembaban dan suhu diilustrasikan pada Gambar 3.28.



Gambar 3.28 Alur Kerja Perangkat Keras

# HASIL PENGUJIAN

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor Lorem ipsum dolor sit amet, consect.

## Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan implementasi perangkat pemantauan kelembaban dan suhu ruangan sudah sesuai dengan perancangan. Hasil pengujian tertera pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Perangkat

| **No** | **Pengujian** | **Hasil yang Diharapkan** | **Hasil Pengujian** | **Keterangan** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Mengukur tingkat kelembaban dan suhu dengan sensor DHT11 sebelah kiri | Mendapatkan nilai tingkat kelembaban dan suhu ruangan dari sensor DHT11 sebelah kiri | Mendapatkan nilai tingkat kelembaban dan suhu ruangan dari sensor DHT11 sebelah kiri | Berhasil |
| 2 | Mengukur tingkat kelembaban dan suhu dengan sensor DHT11 sebelah kanan | Mendapatkan nilai tingkat kelembaban dan suhu ruangan dari sensor DHT11 sebelah kanan | Mendapatkan nilai tingkat kelembaban dan suhu ruangan dari sensor DHT11 sebelah kanan | Berhasil |
| 3 | Koneksi *Wi-Fi* ESP8266 | ESP8266 terhubung ke *Wi-Fi* | ESP8266 terhubung ke *Wi-Fi* | Berhasil |
| 4 | Memperbaharui data pengukuran ke *Realtime Database* | Data sensor berhasil berhasil diperbaharui pada *Realtime Database* | Data sensor berhasil berhasil diperbaharui pada *Realtime Database* | Berhasil |
| 5 | Menambah data pengukuran ke *Cloud Firestore* | Data sensor berhasil berhasil ditambah ke *Cloud Firestore* | Data sensor berhasil berhasil ditambah ke *Cloud Firestore* | Berhasil |
| 6 | Memuat *threshold* dari *Cloud Firestore* | *Threshold* pada *Cloud Firestore* berhasil dimuat pada ESP8266 | *Threshold* pada *Cloud Firestore* berhasil dimuat pada ESP8266 | Berhasil |
| 7 | Membunyikan *buzzer* saat melewati *threshold* | *Buzzer* berbunyi saat pengukuran dari salah satu sensor lebih *threshold* | *Buzzer* berbunyi saat pengukuran dari salah satu sensor lebih *threshold* | Berhasil |
| 8 | Mematikan *buzzer* jika kurang dari *threshold* | *Buzzer* berhenti berbunyi saat pengukuran dari kedua sensor kurang *threshold* | *Buzzer* berhenti berbunyi saat pengukuran dari kedua sensor kurang *threshold* | Berhasil |
| 9 | Web memuat data pengukuran sensor DHT11 sebelah kiri | Data pengukuran sensor kiri dapat diakses oleh aplikasi web | Data pengukuran sensor kiri dapat diakses oleh aplikasi web | Berhasil |
| 10 | Web memuat data pengukuran sensor DHT11 sebelah kanan | Data pengukuran sensor kanan dapat diakses oleh aplikasi web | Data pengukuran sensor kanan dapat diakses oleh aplikasi web | Berhasil |
| 11 | Web memuat data dari *Realtime Database* | Data pada *Realtime Database* dapat diakses oleh aplikasi web | Data pada *Realtime Database* dapat diakses oleh aplikasi web | Berhasil |
| 12 | Web menampilkan data pengukuran sensor | Menampilkan kelembaban dan suhu yang tersimpan pada *Realtime Database* | Menampilkan kelembaban dan suhu yang tersimpan pada *Realtime Database* untuk setiap sisi bersama satuan unitnya. | Berhasil |
| 13 | Web menampilkan status ruangan berdasarkan pengukuran dan *threshold* | Menampilkan status ruangan sebagai “*Safe*” jika pengukuran tidak melebihi *threshold* dan “*Danger*” jika melebihi *threshold* | Menampilkan status ruangan sebagai “*Safe*” jika pengukuran tidak melebihi *threshold* dan “*Danger*” jika melebihi *threshold* dengan sebuah *overall* status yang menampilkan “*Safe*” saat keduanya “*Safe*” dan “*Danger*” saat salah satunya “*Danger*” | Berhasil |
| 14 | Web memuat data dari *Cloud Firestore* | Data pada *Cloud Firestore* dapat diakses oleh aplikasi web | Data pada *Cloud Firestore* dapat diakses oleh aplikasi web | Berhasil |
| 15 | Web menampilkan grafik pengukuran | Menampilkan grafik pengukuran beberapa catatan terakhir | Menampilkan grafik pengukuran 10 catatan terakhir dengan jeda 1 menit antar catatan | Berhasil |
| 16 | Web menampilkan tabel catatan pengukuran | Menampilkan tabel catatan pengukuran sensor | Menampilkan tabel catatan pengukuran sensor yang memiliki fitur *pagination* 10 catatan per *page* dan *filter* berdasarkan rentang waktu | Berhasil |
| 17 | Web menampilkan setelan *threshold* | Menampilkan *threshold* yang digunakan perangkat untuk membunyikan *buzzer* | Menampilkan *threshold* yang digunakan perangkat untuk membunyikan *buzzer* | Berhasil |
| 18 | Web mampu mengubah setelan *threshold* | Pengguna dapat mengubah *threshold* yang digunakan perangkat untuk membunyikan *buzzer* | Pengguna dapat mengubah *threshold* yang digunakan perangkat untuk membunyikan *buzzer* | Berhasil |

Dilampirkan pada Tabel 4.2 hasil uji coba pengukuran kelembaban dan suhu yang dilakukan selama 2 jam dari jam 09:25 – 11:15 WIB. Uji coba mengukur kelembaban dan suhu setiap 10 detik dan menghitung rata-rata setiap 60 catatan atau dalam periode 10 menit.

Tabel 4.2 Uji Coba Pengukuran Kelembaban dan Suhu

| **Jam** | **DHT Kiri** | | **DHT Kanan** | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Suhu** | **Kelembaban** | **Suhu** | **Kelembaban** |
| 09:25 | 27.51 | 67.93 | 27.6 | 61 |
| 09:35 | 27.6 | 67.48 | 27.6 | 61 |
| 09:45 | 27.56 | 67.9 | 27.6 | 61.85 |
| 09:55 | 27.6 | 67.9 | 27.6 | 61.9 |
| 10:05 | 27.6 | 67.85 | 27.6 | 62 |
| 10:15 | 27.6 | 68 | 27.79 | 61.58 |
| 10:25 | 27.6 | 68.03 | 28 | 61 |
| 10:35 | 27.6 | 68.87 | 28 | 61.55 |
| 10:45 | 27.6 | 69 | 28 | 62 |
| 10:55 | 27.7 | 68.88 | 28 | 62 |
| 11:05 | 27.71 | 68.37 | 28 | 61.73 |
| 11:15 | 27.94 | 68.2 | 28 | 61.88 |
| **Rata-rata** | **27.64** | **68.20** | **27.82** | **61.63** |

# PENUTUP

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud dolor Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

## Kesimpulan

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip:

1. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea.
2. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea.

## Saran

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis:

1. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur.
2. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing.
3. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation.
4. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip.

REFERENSI

[1] https://media.neliti.com/media/publications/283803-internet-of-things-iot-sistem-pengendali-c98bdddd.pdf

[2] https://www.depokpos.com/2022/12/gandeng-tuya-telkom-kembangkan-ekosistem-smart-home-di-indonesia/

[3] https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/ODQ5IzI=/persentase-rumah-tangga-menurut-provinsi-dan-status-kepemilikan-rumah-milik-sendiri.html

[4] https://jurnal.unprimdn.ac.id/index.php/JUTIKOMP/article/view/1676/2994

[5] http://eprints.poltekkesjogja.ac.id/6080/4/Chapter%20II.pdf

[6] S. Anam et al., “Rancang Bangun Sistem Deteksi dan Pemadam Kebakaran pada Smart Home Menggunakan Metode Fuzzy,” pp. 9–16.

[7] David Lilley, “Three Minutes from Ignition to Inferno: It’s not Unusual in Fires,” Aerosp. Res. Cent., 2012, [Online]. Available: https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/6.2003-6052

[8] https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/jiki/article/download/3044/1636/12421

[9] McKinsey. The Internet of Things: Mapping The Value Beyond The Hype. [Internet]. McKinsey Global Institute; 2015. 127 hlm. Tersedia pada: https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and %20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Thi ngs%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking\_the \_potential\_of\_the\_Internet\_of\_Things\_Executive\_summary.pdf

[10] Waher P. Mastering Internet of Things: Design and Create Your Own IoT Applications Using Raspberry Pi 3. Packt Publishing; 2018.

[11] https://jurnal.mdp.ac.id/index.php/jatisi/article/download/2383/1000/

[12] https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jte/article/download/3548/3351

[13] https://jurnal.politeknik-kebumen.ac.id/E-KOMTEK/article/download/404/206/

[14] https://jurnal.publikasi-untagcirebon.ac.id/index.php/mestro/article/view/466/310

[15] https://journal.satriajaya.com/index.php/nje/article/view/20/12

[16] https://tekkom.upi.edu/2023/01/apa-itu-internet-of-things-nodemcu-esp8266/

[17] https://eprints.utdi.ac.id/4913/3/3\_143310004\_BAB\_II.pdf

[18] https://loginov-rocks.medium.com/quick-start-with-nodemcu-v3-esp8266-arduino-ecosystem-and-platformio-ide-b8415bf9a038

[19]https://bisa.ai/portofolio/detail/MzA4Nw

[20]https://id.scribd.com/document/676342815/Percobaan-ESP32-Sensor-DHT-11

[21]https://iotkece.com/cara-kerja-sensor-dht11-sensor-suhu-dan-kelembaban/#google\_vignette

[22]https://te.eng.uho.ac.id/virtualab/manager/buzzer.html

[23]https://jurnal.usbypkp.ac.id/index.php/infotronik/article/download/453/278

[24]https://www.arduinoindonesia.id/2022/11/pengertian-jenis-dan-cara-kerja-kabel-jumper-arduino.html

[25]https://kumparan.com/berita-update/definisi-kabel-jumper-beserta-fungsi-dan-jenisnya-21ERiC1PFiD

[26]https://id.kbs-connector.com/news/what-is-usb-cable-46819198.html

[27]https://www.researchgate.net/publication/359428900\_Powerbank\_Laptop\_Portable\_sebagai\_Sumber\_Energi\_Mobile/fulltext/637e3fe637878b3e87d5c3f5/Powerbank-Laptop-Portable-sebagai-Sumber-Energi-Mobile.pdf

[28]https://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/misi/article/download/529/157/2281#:~:text=2.7.&text=Visual%20Studio%20Code%20(VS%20Code,Go%2C%20Java%2C%20dst).

[29]https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=platformio.platformio-ide

[30]https://jurnal.dinamika.ac.id/index.php/jcone/article/download/3420/1894

[31]https://firebase.google.com/products/.

[32]https://blowstack.com/blog/what-is-firebase-and-how-to-use-it-with-web-apps

[33]S. Aggarwal, “Modern Web-Development using ReactJS,”

International Journal of Recent Research Aspects, vol. 5, pp.

133–137, 2018

[34]https://journal.uii.ac.id/AUTOMATA/article/view/19532/11569

[35]https://journal.uii.ac.id/AUTOMATA/article/download/19443/11544/54661

[36]

[37]

[38]

[39]

[40]

Abdelhalim, E. A., & El Khayat, G. A. (2016). A utilization-based genetic algorithm for solving the university timetabling problem (UGA). *Alexandria Engineering Journal*, *55*(2), 1395–1409. https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.02.017

Akkan, C., & Gülcü, A. (2018). A bi-criteria hybrid genetic algorithm with robustness objective for the course timetabling problem. *Computers and Operations Research*, *90*, 22–32. https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.09.007

de Oliveira, L. L., Freitas, A. A., & Tinós, R. (2018). Multi-objective genetic algorithms in the study of the genetic code’s adaptability. *Information Sciences*, *425*, 48–61. https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.10.022

Febrita, R. E., & Mahmudy, W. F. (2017). Modified genetic algorithm for high school time-table scheduling with fuzzy time window. *International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology*, 88–92.

Gao, S., & Silva, C. W. De. (2016). A modified estimation distribution algorithm based on extreme elitism. *BioSystems*, *150*, 149–166. https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2016.10.001

Ghasemi, E., Moradi, P., & Fathi, M. (2015). Integrating ABC with genetic grouping for university course timetabling problem. *2015 5th International Conference on Computer and Knowledge Engineering (lCCKE)*, 24–29.

Jafari-Marandi, R., & Smith, B. K. (2017). Fluid genetic algorithm (FGA). *Journal of Computational Design and Engineering*, *4*(2), 158–167. https://doi.org/10.1016/j.jcde.2017.03.001

Lei, Y., Shi, J., & Yan, Z. (2018). A memetic algorithm based on MOEA/D for the examination timetabling problem. *Soft Computing*, *22*(5), 1511–1523. https://doi.org/10.1007/s00500-017-2886-y

Lewis, R., & Thompson, J. (2014). Analysing the effects of solution space connectivity with an effective metaheuristic for the course timetabling problem. *European Journal of Operational Research*, *240*(3), 637–648. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.041

Liu, W., Zhu, H., Wang, Y., Zhou, S., Bai, Y., & Zhao, C. (2013). Topology optimization of support structure of telescope skin based on bit-matrix representation NSGA-II. *Chinese Journal of Aeronautics*, *26*(6), 1422–1429. https://doi.org/10.1016/j.cja.2013.07.046

Mahiba, A. A., & Durai, C. A. D. (2012). Genetic algorithm with search bank strategies for university course timetabling problem. *Procedia Engineering*, *38*, 253–263. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.033

Parera, S., Sukmana, H. T., & Wardhani, L. K. (2016). Application of genetic algorithm for class scheduling (case study: faculty of science and technology UIN Jakarta). *2016 4th International Conference on Cyber and IT Service Management*, 1–5. https://doi.org/10.1109/CITSM.2016.7577525

Yousef, A. H., Salama, C., Jad, M. Y., El-gafy, T., Matar, M., & Habashi, S. S. (2016). A GPU based genetic algorithm solution for the timetabling problem. *2016 11th International Conference on Computer Engineering & Systems (ICCES)*, 103–109. https://doi.org/10.1109/ICCES.2016.7821982