

# TR01B\_HalizaAlincia (SIMILARITY TUGAS AKHIR).pdf

*by* [sucirizki67@gmail.com](mailto:sucirizki67@gmail.com) 1

---

**Submission date:** 12-Aug-2024 03:54PM (UTC+0800)

**Submission ID:** 2430920018

**File name:** TR01B\_HalizaAlincia\_SIMILARITY\_TUGAS\_AKHIR\_.pdf (7.8M)

**Word count:** 9639

**Character count:** 58599

**PENGEMBANGAN MONITORING TEMPERATUR  
RUANGAN OTOMATIS BERBASIS IoT DI BANDAR UDARA  
INTERNASIONAL HANG NADIM BATAM**

**TUGAS AKHIR**

**Oleh**

**HALIZA ALINCIA RIZKY**

**NIT : 56192030037**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA**  
**PROGRAM SARJANA TERAPAN**  
**POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG**  
**JULI 2024**

## ABSTRAK

### **PENGEMBANGAN MONITORING TEMPERATUR RUANGAN OTOMATIS BERBASIS IOT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL HANG NADIM BATAM**

Oleh

**HALIZA ALINCIA RIZKY**  
NIT : 56192030037

### **PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA PROGRAM SARJANA TERAPAN**

Demi meningkatkan kenyamanan penumpang dan efisiensi waktu serta tenaga dalam pengecekan suhu dan aliran udara (*air flow*) di Ruang Tunggu Keberangkatan Bandar Udara Hang Nadim Batam, penulis merancang sebuah alat otomatis yang dapat mengukur dan merekam data suhu serta aliran udara. Pengukuran sebelumnya dilakukan secara konvensional dengan mengunjungi 37 lokasi secara langsung setiap pagi hari dan menghabiskan waktu sekitar 2 jam. Keluhan dari pengguna bandara juga kerap terjadi dikarenakan ketidaksesuaian suhu dengan standar yang ditetapkan yaitu 25°C. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat monitoring pengukuran suhu dan aliran udara (*air flow*) yang sebelumnya dilakukan secara konvensional dengan menggunakan konsep *Internet Of Things*. Dengan memanfaatkan aplikasi Blynk sebagai aplikasi yang akan menampung dan menampilkan hasil pengukuran suhu dan aliran udara (*air flow*), mikrokontroler Arduino ESP-32, sensor BMP280 sebagai pengukur suhu dan sensor Anemometer sebagai pengukur aliran udara (*air flow*). Perancangan yang telah dibuat dan diujikan menggunakan metode Borg dan Gall delapan dari sepuluh tahapan. Hasil monitoring pengukuran temperatur dengan alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) dengan yang konvensional terukur akurasi sebesar 99,978% dengan presentase *error* 0,022%. Alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) diharapkan dapat dikembangkan untuk diimplementasikan di ruangan terminal Bandara Internasional Hang Nadim Batam dan seluruh pengguna *air conditioner*.

Kata Kunci: Suhu, Monitoring, *Internet Of Things*.

## **ABSTRACT**

### **DEVELOPMENT OF IoT-BASED AUTOMATIC ROOM TEMPERATURE MONITORING AT HANG NADIM INTERNATIONAL AIRPORT BATAM**

By:

**HALIZA ALINCIA RIZKY**  
**NIT : 56192030037**

#### **AIRPORT ENGINEERING TECHNOLOGY STUDY PROGRAM APPLIED BACHELOR PROGRAM**

*In order to increase passenger comfort and time and energy efficiency in checking temperature and air flow in the Departure Waiting Room at Hang Nadim Batam Airport, the author designed an automatic tool that can measure and record temperature and air flow data. Previous measurements were carried out conventionally by visiting 37 locations directly every morning and taking around 2 hours. Complaints from airport users also often occur due to temperature discrepancies with the set standards, namely 25°C. This research aims to develop a monitoring tool for measuring temperature and air flow (air flow) which was previously carried out conventionally using the Internet of Things concept. By utilizing the Blynk application as an application that will accommodate and display the results of temperature and air flow measurements, the Arduino ESP-32 microcontroller, the BMP280 sensor as a temperature measurement and the Anemometer sensor as an air flow measurement. The design has been created and tested using the Borg and Gall method in eight out of ten stages. Monitoring results of temperature measurements using the Automatic Temperature Monitoring (ATM) tool with conventional measurement accuracy of 99.978% with an error percentage of 0.022%. It is hoped that the Automatic Temperature Monitoring (ATM) tool can be developed to be implemented in the terminal room of Batam's Hang Nadim International Airport and all AC users.*

*Keywords: Temperature, Monitoring, Internet Of Things.*



## **1** **PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR**

Tugas akhir Program Sarjana Terapan yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Politeknik Penerbangan Palembang, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan hak yang berlaku di Politeknik Penerbangan Palembang. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut : Alincia, H.R. (2024): “PENGEMBANGAN MONITORING TEMPERATUR RUANGAN OTOMATIS BERBASIS IoT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL HANG NADIM BATAM”, Tugas Akhir Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tugas akhir haruslah seizin Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

## PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Sebagai penyedia jasa, PT Angkasa Pura I (Persero) sebagai Badan Usaha Milik Negara yang bertanggung jawab dalam pengelolaan bandar udara dan lalu lintas udara di Indonesia tidak hanya mengalami kemajuan besar di bidang transportasi udara. Berbagai inovasi pun mereka rancang di setiap bandara yang dikelolanya. Bandara Internasional Hang Nadim Batam menjadi salah satu contoh yang telah menerapkan sejumlah inovasi khususnya dalam memberikan pelayanan di bandara.

Demi kepentingan dalam memastikan kenyamanan penumpang, dibutuhkan sebuah alternatif seperti halnya penggunaan perangkat *mobile learning* untuk mempermudah dalam memahami kegiatan operasional melalui *platform digital*. Salah satu fasilitas di bidang Teknologi Informasi (TI) yang dapat diterapkan untuk menjawab kebutuhan tersebut adalah aplikasi berbasis digital, yaitu teknologi yang dapat diakses dengan cepat dan efisien sehingga memudahkan dalam pencarian atau penyajian informasi dengan cara yang menarik. Tampilannya memudahkan untuk memahami cara menggunakannya dan pengguna tertarik dengan fitur-fitur yang dihadirkan.

Pada hasil pengamatan awal penulis dari pelaksanaan OJT (*On the Job Training*) di unit mekanikal Bandara Internasional Hang Nadim Batam, ditemukan beberapa keluhan ketidaknyamanan penumpang dikarenakan suhu yang dirasakan pengguna di sejumlah ruangan terminal. Ketidaksesuaian tersebut berakibat merugikan beberapa hal seperti kenyamanan pengguna bandara. Contoh bentuk keluhan tersebut yaitu dari ruangan *lounge* yang terletak di lantai 2, *gate* A5 terminal keberangkatan Bandara Internasional Hang Nadim Batam. Lounge tersebut menyediakan layanan ruang tunggu bandara dengan upaya memberikan ruangan nyaman dan fasilitas lebih bagi

para tamu. Beberapa kali terdapat ketidaksesuaian suhu yang dirasakan oleh pengguna ruangan, sehingga menimbulkan ketidaknyamanan. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 178 Tahun 2015 mengenai standar ketentuan suhu ruangan di bandara yaitu sebesar 25°C. Sebenarnya keluhan ini sudah diantisipasi oleh pihak bandara, yaitu dengan melakukan pengecekan suhu ruangan. Teknisi mekanikal setiap harinya melakukan pengecekan temperatur dan aliran udara (*air flow*) ke semua ruangan di terminal. Dalam pembacaan suhu, teknisi menggunakan alat *thermometer gun*, dan untuk pembacaan *air flow* menggunakan alat anemometer. Pengecekan temperatur suhu ruangan tersebut menghabiskan waktu kurang lebih mulai dari pukul 07.00 wib – 08.30 wib. Dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 2 orang setiap pengukurannya ke total jumlah titik sebanyak 37 lokasi.



Gambar 1. 1 Dokumentasi Pendukung Pengecekan Temperatur

Gambar 3.8 di atas merupakan kegiatan teknisi mekanikal bandara Hang Nadim Batam saat melakukan pengecekan harian suhu dan aliran udara (*air flow*). Dalam pengukuran tersebut, teknisi manual menggunakan alat pendeteksi suhu *thermometer gun*, dan membaca aliran udara (*air flow*) dengan menggunakan alat Anemometer. Menurut penjelasan yang diberikan oleh *team leader* unit mekanikal Bandara Hang Nadim Batam, upaya yang dilakukan selama ini dalam pengukuran suhu dan aliran udara (*air flow*) hanya menggunakan cara konvensional dan tidak pernah mencoba cara lain dalam pengukuran tersebut. Pada saat pengecekan manual juga dapat menimbulkan kekeliruan pada saat pembacaan suhu. Hal ini dikarenakan alat *thermometer*

*gun* yang digunakan oleh unit Mekanikal, AOCC dan Terminal memiliki perbedaan hasil pembacaan suhunya.

Fenomena yang serupa dalam monitoring suhu, tampak dilakukan modifikasi alat monitoring suhu berbasis IoT di wilayah terminal bandara I Gusti Ngurah Rai - Bali dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor DHT11 sebagai media pengukuran suhu dan kelembaban udara (Yenni Arnas, 2023). Studi kasus monitoring suhu lainnya dilakukan juga oleh (Khairil Azwar, 2023) yaitu dengan monitoring suhu dan kelembaban pada ruangan laboratorium STMIK Palangkaraya berbasis IoT dengan menggunakan Wemos D1 Mini dan sensor DHT 22 sebagai media pengukuran suhu dan kelembaban udara.

Berdasarkan pedoman pemeliharaan dan pelaporan peralatan fasilitas elektronika penerbangan (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2003), hasil evaluasi pemeliharaan *preventive* pada pengkondisian udara ruang terminal Bandara Hang Nadim Batam yaitu dengan nilai ketersediaan > 92%. Nilai tersebut termasuk ke dalam kelompok peralatan yang sering mengalami gangguan/kerusakan dengan nilai ketersediaan  $70% < A < 95%$ . Dikarenakan faktor di atas, pada saat pelaksanaan OJT penulis telah membuat alat monitoring temperatur suhu ruang tunggu keberangkatan berbasis IoT pada Bandar Udara Internasional Hang Nadim Batam sebagai sarana pendukung pekerjaan yang diinisiasi dalam sebuah aplikasi berbasis *website* dan android/iOS. Pada penulisan Tugas Akhir ini merupakan bentuk pengembangan dari hasil evaluasi alat yang sudah dirancang dan di ujikan sebelumnya di ruang tunggu keberangkatan A9 Bandara Internasional Hang Nadim Batam.

Pengembangan *platform digital* ini dapat membantu para personel mekanikal dalam melaksanakan kegiatan operasional dan mempermudah pekerjaan yang sebelumnya dilakukan secara manual seperti pengecekan suhu dan aliran udara (*air flow*) di seluruh ruangan di terminal Bandara Hang Nadim. Untuk itu

penulis membuat perancangan “Pengembangan Monitoring Temperatur Ruang Otomatis Berbasis IoT di Bandar Udara Internasional Hang Nadim Batam”.

## B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjelasan di atas, berikut permasalahan yang dibahas pada Tugas Akhir ini.

1. Bagaimana pengembangan alat monitoring temperatur ruangan otomatis berbasis IoT di Bandara Hang Nadim Batam?
2. Bagaimana nilai perbandingan dari hasil monitoring pengukuran temperatur yang otomatis dengan yang konvensional?

## C. Batasan

Untuk menjaga fokus penelitian ini agar dengan tujuan yang dimaksud, maka penelitian ini membatasi ruang lingkup penelitian pemanfaatan pengembangan dari hasil evaluasi alat monitoring temperatur suhu berbasis IoT yang diujikan pada ruang kelas angkatan 1 Bravo Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara dan akan diimplementasikan di ruangan terminal Bandara Internasional Hang Nadim Batam.

## D. Tujuan

Berdasarkan permasalahan di atas, penulis mempunyai tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengembangkan alat monitoring temperatur ruangan otomatis berbasis IoT di Bandara Hang Nadim Batam.
2. Untuk mendapatkan nilai perbandingan pelaksanaan antara monitoring temperatur suhu ruang tunggu keberangkatan yang otomatis dengan yang konvensional

### E. Manfaat

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah disebutkan, penulis berharap penelitian ini memberikan kontribusi dalam bidang pendidikan. Berikut manfaat dari penelitian ini.

1. Terciptanya monitoring suhu berbasis IoT yang mampu mendukung aktivitas operasional unit mekanikal di Bandara Internasional Hang Nadim Batam.
2. Terlaksananya monitoring suhu berbasis IoT sebagai platform pengetahuan untuk industri penerbangan, khususnya dalam pelayanan mekanikal di Bandara Internasional Hang Nadim Batam.

### F. Sistematika Penulisan

Berikut sistematika penulisan yang disusun untuk mempermudah bahasan atas masalah yang ada pada penelitian ini.

**BAB I PENDAHULUAN** meliputi penjelasan tentang latar belakang permasalahan, identifikasi masalah, Batasan, manfaat penelitian, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

**BAB II TINJAUAN TEORI** berisi tentang penjelasan teori yang digunakan dalam penelitian, dan kajian penelitian terdahulu yang relevan.

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN** berisi tentang penjelasan metode yang digunakan dalam penelitian, perancangan, dan tahap-tahap pembuatan.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN** berisi hasil dari metodologi penelitian yang dijelaskan tentang implementasi produk dalam perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), serta hasil dari pengujian sistem yang dikembangkan oleh penulis. Selain itu, juga mencakup pembahasan tentang evaluasi terhadap uji coba pemakaian.

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN** berisi kesimpulan menyeluruh dari hasil penelitian yang dilakukan dan pembahasan serta saran penelitian untuk pengembangan lebih lanjut berdasarkan hasil penelitian.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Teori Penunjang

Bandara Hang Nadim dilengkapi dengan berbagai fasilitas untuk keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas dasar dan pendukung lainnya. Salah satu fasilitas penunjang operasional Bandara Internasional Hang Nadim adalah *Air Conditioning System (ACS)*. *Air Conditioning System (ACS)* berfungsi meningkatkan kualitas udara dan menyejukkan ruangan bandara. Ruang tertutup yang memuat penumpang memerlukan sistem pendingin yang bisa menstabilkan suhu, khususnya untuk penumpang yang akan melakukan perjalanan dengan pesawat. Pemasangan *Air Conditioner (AC)* di dalam ruang tersebut dapat membantu agar suhu bisa tetap dingin. Padatnya penumpang yang tidak diimbangi dengan sistem pendingin yang memadai menyebabkan suasana menjadi tidak kondusif, dengan suhu ruangan yang semakin panas dan tidak nyaman. Sehingga untuk mengantisipasi hal tersebut di perlukan perawatan secara berkala. Perawatan di Ruang Tunggu Keberangkatan dilakukan secara berkala berupa pengecekan peralatan maupun pengecekan suhu, tekanan, dan aliran udara (*air flow*) yang dikeluarkan. Pengecekan suhu dan tekanan diperlukan agar suhu di ruangan sesuai dengan PM 178 tahun 2015 (Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 15 C.E.) yaitu batas suhu dalam terminal penumpang 25°C jadi teknisi harus selalu mengontrol kondisi suhu di dalam ruangan tersebut agar tetap normal.

#### 1. Monitoring

Monitoring merupakan proses sistematis dan berkelanjutan dalam mengumpulkan dan menganalisis informasi berdasarkan indikator yang telah ditetapkan dengan tujuan untuk pengoreksian dan peningkatan program atau kegiatan yang dilakukan (Widiastuti dkk., 2011). Penulis merancang cara baru dalam memonitoring hasil pembacaan suhu, tekanan dan aliran udara (*air flow*) menggunakan aplikasi bernama Blynk yang merupakan sebuah platform IoT (*Internet of Things*) yang digunakan untuk



menghubungkan perangkat keras IoT dengan platform IoT. Ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memantau perangkat keras mereka dari jarak jauh (*remote*).

Pekerjaan pemeliharaan yang dilaksanakan oleh personel bandara sangat penting untuk memastikan bahwa fasilitas di bandara tersebut siap beroperasi. Pemeliharaan tersebut harus dilakukan secara berkala agar sistem operasional tetap terjaga. Ketersediaan fasilitas operasional tersebut memiliki dampak langsung terhadap keselamatan dan kelancaran penerbangan. Pemeliharaan penerbangan dibagi menjadi dua, yaitu pemeliharaan preventif dan korektif (Purnawati, 2019). Pemeliharaan preventif oleh personel unit mekanikal dalam monitoring kondisi udara dilakukan demi memastikan kenyamanan pengguna bandara dan untuk mencegah kerusakan atau penurunan kerja sistem pengkondisian udara (suhu) pada seluruh ruangan di terminal Bandara Internasional Hang Nadim Batam.

Ketersediaan merujuk pada kemampuan suatu sistem untuk beroperasi sesuai yang diharapkan pada waktu yang ditetapkan. Analisis rekayasa ketersediaan merupakan metodologi yang dapat membantu peneliti untuk meningkatkan produktivitas sebuah *plant* (Priyatna, 2000). Dalam menentukan nilai ketersediaan berasal dari dua faktor yaitu, waktu rata-rata pengerjaan perbaikan atau *Mean Time To Repair* (MTTR) dan rata-rata waktu beroperasi komponen tanpa mengalami kegagalan atau *Mean Time Between Failure* (MTBF) (Dieter, 2000). Dalam menentukan *availability* menggunakan persamaan berikut:

Laju kegagalan

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{Total waktu operasi (jam)}} \quad (1)$$



<sup>5</sup> MTBF (*Mean Time Between Failure*)

$$MTBF = \frac{\text{Total waktu operasi (jam)}}{\text{Jumlah kegagalan (jam)}} \quad (2)$$

MTTR (*Mean Time To Repair*)

$$MTTR = \frac{\text{Lama perbaikan}}{\text{Jumlah kerusakan}} \quad (3)$$

<sup>5</sup> Nilai dari ketersediaan adalah 0% sampai dengan 99,9%. Semakin tinggi nilai ketersediaan pada suatu sistem maka semakin tinggi kualitas sistem tersebut (Betrianis, 2005). Merujuk kepada (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2003), yaitu <sup>3</sup> hasil evaluasi peralatan fasilitas elektronika dan listrik penerbangan sebagaimana yang dimaksud pada pasal 17 ayat (1) dibagi menjadi 3 kelompok sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Kategori Kelompok Nilai Ketersediaan

NO	Nilai Presentase	Interpretasi
1.	< 70 %	<sup>29</sup> Kelompok peralatan yang sangat sering mengalami gangguan
2.	<sup>3</sup> 70% < A < 95%	Kelompok peralatan yang sering mengalami gangguan kerusakan
3.	≥ 95 %	Kelompok peralatan yang jarang mengalami gangguan kerusakan

## 2. Suhu (*Temperature*)

*Air Conditioner* (AC) adalah alat yang digunakan untuk mengatur kondisi udara dalam ruangan dengan mengontrol suhu dan kelembaban sesuai dengan keinginan (Mauboy, 2018). Salah satu jenis AC yang digunakan di bandara yaitu jenis AC *Central*. AC *Central* adalah peralatan yang bekerja secara kontinu yaitu proses kerja peralatan mulai dari *Chiller*, Pompa air dan AHU merupakan satu keterkaitan proses pengkondisian udara guna menghasilkan suhu dingin yang dibutuhkan (Sebayang, n.d.). Kenyamanan yang terjadi di ruangan sebenarnya bukan udara dingin yang masuk ke dalam ruangan tetapi merupakan hasil dari suatu proses penyerapan kalor/panas di dalam ruang tunggu oleh udara dingin yang disalurkan dari AHU.

Sistem penyerapan kalor pada AC *Central* tipe air *cooled chiller* dapat dibagi dalam 4 (empat) proses yaitu diawali dari penyerapan kalor / panas oleh udara dingin yang suplai dari AHU ke dalam ruangan, penyerapan kalor udara yang kembali dari ruangan oleh air dingin pada *coil* AHU, penyerapan kalor air yang kembali dari AHU oleh *refrigerant* pada evaporator *chiller (cooler)* dan terakhir refrigeran ini pun harus membuang panasnya yaitu dengan diserap beban kalornya oleh udara pada *condensor chiller*. Beban kalor atau panas ini dihasilkan dari manusia, peralatan, bangunan serta lingkungan sekitar, untuk menciptakan kenyamanan ruangan yang ideal diperlukan juga peralatan dengan kemampuan unjuk kerja tinggi dalam penyerapan kalor mulai dari ruangan, AHU serta pada unit pendingin.

Pada penelitian (Asep, 2023) yang menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI), tingkatan kenyamanan temperatur untuk orang Indonesia SNI ISO 9001:2015 ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 2. 2 Kategori Tingkatan Suhu

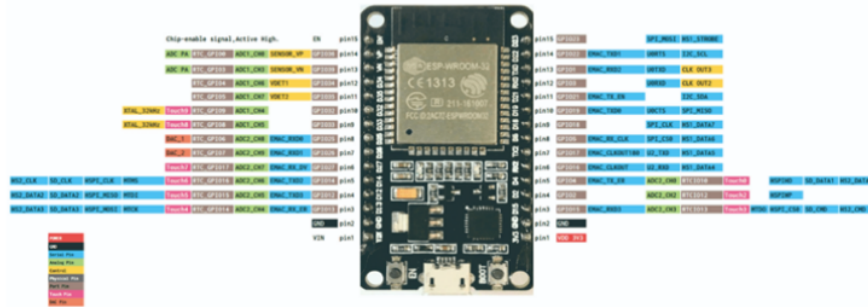
Interpretasi	Suhu
Sejuk nyaman	25°C sampai 30°C
Hangat nyaman	30°C sampai 34°C
Panas	34°C sampai 36°C

<sup>18</sup> Berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/77/VI/2005 tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandara, dalam kondisi udara di terminal bandara yaitu suhu udara maksimal 27°C dan kelembaban maksimal 55% (Dirjen Perhubungan Udara, 2005).

### <sup>15</sup> 3. **Internet Of Things (IoT)**

*Internet Of Things (IoT)* merupakan konsep dimana suatu *object* dengan kemampuan mengirim data melalui jaringan tanpa melakukan interaksi antar sesama manusia atau manusia dengan komputer. IoT bertujuan untuk

memanfaatkan konektivitas internet yang *connect* terus menerus, memungkinkan perhubungan antara peralatan, mesin, dan benda-benda lainnya (Utomo, 2019).



Gambar 2. 1 Arduino ESP-32

#### a. Blynk



Gambar 2. 2 Aplikasi Blynk

Blynk adalah sebuah aplikasi yang memungkinkan penggunaan *smartphone* untuk mengontrol dan memantau perangkat dari jarak jauh melalui koneksi internet. Aplikasi blynk tersedia pada *playstore* untuk pengguna android, dan *appstore* bagi pengguna iOS. Blynk juga kompatibel dengan berbagai jenis perangkat keras yang digunakan dalam proyek *Internet of Things*. Pengguna dapat menambahkan komponen ke aplikasi blynk dengan metode *drag and drop*, yang mempermudah penambahan komponen *input/output* tanpa memerlukan pemrograman iOS ataupun android (Syukhron dkk., 2021). Kemampuan menampilkan dan menyimpan data secara visual dengan menggunakan angka, warna dan grafik.

#### b. Arduino IDE

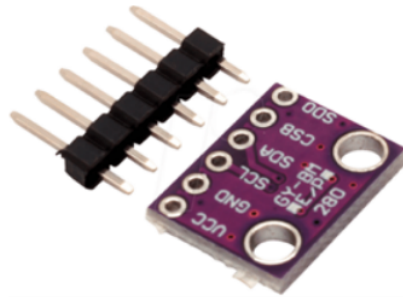
Arduino adalah sebuah platform untuk *physical computing* yang bersifat *open source*. Penggunaan istilah "platform" di sini merujuk pada kenyataan bahwa arduino tidak hanya berfungsi sebagai alat

pengembangan saja, tetapi juga mencakup perangkat keras (*hardware*), bahasa pemrograman, dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang canggih yang terintegrasi (Banjarnahor, 2022).

**c. Arduino ESP-32**

ESP-32 adalah sebuah modul mikrokontroler yang memiliki kemampuan mode ganda, yaitu *Wi-Fi* dan *Bluetooth*, serta dilengkapi dengan satu prosesor tambahan untuk menjalankan aplikasi (Nizam dkk., 2022). Modul ini juga memiliki memori RAM yang cukup besar untuk menyimpan data, yang sangat mendukung dalam pengembangan berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis IoT (*Internet of Things*). Diperkenalkan oleh *Espressif Systems*, ESP-32 merupakan penerus dari ESP8266 dengan berbagai fitur tambahan dan keunggulan. ESP-32 menawarkan inti CPU yang lebih cepat, jumlah GPIO yang lebih banyak, mendukung *Bluetooth 4.2*, serta memiliki konsumsi daya yang rendah. Sebagai modul mikrokontroler terintegrasi, ESP-32 unggul karena fiturnya yang lengkap dan kinerja tinggi.

**d. Sensor BMP280**



Gambar 2. 3 Sensor BMP 280

Sensor BMP280 digunakan untuk mengukur tekanan udara dan juga dilengkapi dengan kemampuan untuk mengukur suhu dan kelembaban. BMP280 adalah sensor yang sangat akurat untuk mengukur tekanan atmosfer dan suhu. Sensor ini memiliki konverter internal yang

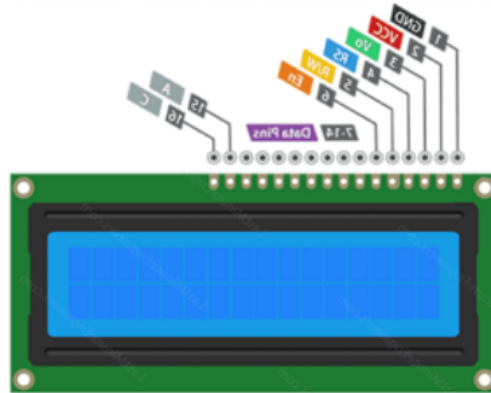
mengubah suhu menjadi data digital dan mengirimkannya langsung ke mikrokontroler melalui protokol komunikasi. Sensor BMP280 dapat mengukur tekanan atmosfer dari 300 hingga 1100 hPa (*hectopascal*), dengan akurasi hingga  $\pm 1$  hPa (0,01 hPa resolusi). Sensor ini juga mampu mengukur suhu dari  $-40^{\circ}\text{C}$  hingga  $+85^{\circ}\text{C}$ , dengan akurasi hingga  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . BMP280 merupakan versi terbaru dari sensor sebelumnya, yaitu BMP180 dan BMP085 (Charisma dkk., 2021).

#### e. Sensor Anemometer

Sensor anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin dalam satuan seperti meter per detik (m/s), kilometer per jam (km/h), atau mil per jam (mph). Beberapa sensor anemometer juga dapat mengukur arah angin. Sensor Anemometer terdapat tiga jenis yaitu mekanis, ultrasonik, dan panas konstan. Contoh mekanis yaitu anemometer *cup*, jenis mekanis yang paling umum. Anemometer ini memiliki tiga atau empat cangkir (*cup*) yang diputar oleh angin. Kecepatan angin dihitung berdasarkan putaran cangkir. Ultrasonik, anemometer ultrasonik menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur kecepatan angin dengan memantau perbedaan waktu antara sinyal yang dikirim dan diterima. Panas Konstan, Anemometer panas konstan (*hot wire*) menggunakan elemen pemanas yang ditunda di dalam aliran angin. Perubahan resistansi elemen pemanas digunakan untuk mengukur kecepatan angin (Bagaskoro dkk., 2021). Sensor anemometer yang digunakan pada penelitian ini menggunakan jenis mekanis dengan desain baling-baling yang dirancang oleh penulis. Optocoupler yang terdapat pada sensor anemometer merupakan komponen penghubung yang bekerja dari picu cahaya optic. Optocoupler terdiri dari transmitter dan receiver yang bagian cahaya dengan pendeteksi sumber cahayanya terpisah. Transmitter berupa LED yang memancarkan cahaya infra merah, dan Receiver berupa Phototransistor yang menangkap radiasi cahaya dari sinar inframerah. Penggunaan Optocoupler pada sensor anemometer ini adalah pada saat baling-baling berputar akibat aliran

udara, bagian LED memancarkan cahaya infrared terhadap celah pada piringan *propeller* dan ditangkap oleh phototransistor. Pada saat berada di bagian lubang, yang dihasilkan nilai = 1 dan saat berada di bagian tertutup nilainya nilai = 0.

27  
f. **LCD 16 x 2**



Gambar 2. 4 LCD 16 x 2

LCD (*Liquid Crystal Display*) 16 x 2 adalah jenis tampilan LCD yang memiliki kemampuan untuk menampilkan 16 karakter pada setiap barisnya dan memiliki 2 baris teks secara simultan. Ini adalah salah satu format standar yang umum digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik, seperti pada mikrokontroler, arduino, dan sistem lainnya untuk menampilkan informasi teks secara visual. Tampilan 16 x 2 berarti terdapat 16 karakter dalam setiap baris dan terdapat 2 baris yang dapat menampilkan teks atau simbol secara bersamaan (Subagyo dkk., 2017).

43  
g. Kabel Jumper



Gambar 2. 5 Kabel Jumper

Kabel jumper digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen pada sebuah rangkaian elektronik atau prototipe. Kabel jumper memiliki ujung yang terhubung dengan pin atau soket pada perangkat atau komponen elektronik, seperti *breadboard*, arduino, atau modul sensor. Fungsi utama kabel jumper adalah untuk memudahkan sambungan antara komponen-komponen tersebut tanpa perlu *soldering* (Nusyirwan, 2019). Pin atau *connector* di setiap ujung kabel Jumper yang digunakan untuk menancap disebut *male connector*, sedangkan yang digunakan untuk ditancap disebut *female connector*. Terdapat tiga jenis kabel jumper yaitu *Male to Male* (M-M), *Male to Female* (M-F), dan *Female to Female* (F-F).

h. Google *Spreadsheets*

Google *Sheets* dapat digunakan dengan ESP-32 untuk melakukan *logging* atau menyimpan data dari sensor atau perangkat lain ke dalam *spreadsheet* online. Integrasi ini memungkinkan untuk memantau dan menganalisis data secara *real-time* atau historis secara mudah menggunakan layanan *cloud Google Sheets*.



Gambar 2. 6 Google *Spreadsheets*



Beberapa kegunaan umum, ESP-32 dapat mengirim data sensor seperti suhu, kelembaban, tekanan udara, aliran udara atau data lainnya langsung ke *Google Sheets*. Ini berguna untuk pemantauan lingkungan atau proyek IoT (Handayani dkk., 2017).

## B. Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan

Penulisan ini mengacu terhadap penelitian sebelumnya yang relevan dan mempunyai menyebut topik-topik penelitian yang memiliki kesamaan atau keterkaitan dengan penelitian ini. Adapun kajian-kajian tersebut yaitu:

1. Penelitian pertama yang dilakukan oleh (Azwar, 2023) yang berjudul “Monitoring dan Kontrol Suhu Kelembaban Berbasis *Internet of Things* (IoT) Pada Ruang Laboratorium Komputer STMIK Palangkaraya”. Penelitian ini bertujuan guna merancang *prototype* untuk mendapatkan suhu dan kelembaban standar nasional Indonesia untuk kenyamanan penggunaannya. Perancangan ini menggunakan mikrokontroler Wemos D1 Mini, Sensor DHT 22 sebagai sensor suhunya, dan Aplikasi Blynk sebagai platform monitoring hasil pengukuran. Penelitian ini berguna untuk memudahkan petugas staf laboratorium dalam monitoring suhu ruangan laboratorium STMIK Palangkaraya dengan melakukan pengujian alat sebanyak tiga hari. Hasil pengujian tersebut termasuk ke dalam kategori sejuk, nyaman digunakan oleh dosen dan mahasiswa pada saat pembelajaran.
2. Penelitian kedua yang dilakukan oleh (Anugraha dkk., 2021) yang berjudul “Perancangan Sistem Pemantauan Suhu Udara dan Kelembaban Udara Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin Maros”. Tujuannya adalah untuk merancang sistem pemantauan suhu dan kelembaban menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, sensor DHT 11, dan DHT 22 untuk pengukuran suhu dan kelembaban. Sistem pemantauannya menggunakan platform berbasis *website*. Hasil nilai monitoring berbasis IoT pada penelitian ini dibandingkan dengan pengukuran konvensional, terdapat



perbedaan persentase rata-rata kelembaban udara <sup>7</sup> antara sensor DHT 11 dan DHT 22. Perbedaan 2% hingga 5% pada suhu yang sama.

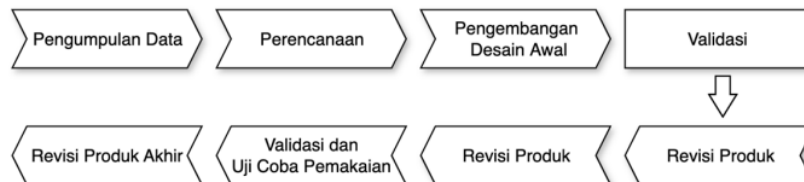
- <sup>48</sup> 3. Penelitian ketiga yang dilakukan oleh (Arnas dkk., 2023) yang berjudul “Modifikasi Alat Monitoring Suhu dan Kelembaban Udara Dengan IoT Di Wilayah Terminal Bandara”. Pada penelitian ini menggunakan Bandara I Gusti Ngurah Rai sebagai sampel lokasi percobaan yang bertujuan memberikan keefektifan waktu dan tenaga dalam melakukan perawatan AC bandara. Rangkaian *prototype* ini terdiri dari NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler, Sensor pengukuran suhu DHT11, dan Aplikasi Blynk sebagai platform monitoring hasil pengukuran. Pada monitoring berbasis IoT dibandingkan pengukuran secara manual ke lima titik lokasi percobaan di terminal Bandara I Gusti Ngurah Rai. Hasil pengukuran suhu secara manual dengan yang berbasis IoT, memiliki nilai yang tidak jauh berbeda.

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### A. Desain Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan alat yang telah dibuat penulis untuk otomatisasi monitoring temperatur ruangan di Bandara Internasional Hang Nadim Batam berbasis IoT. Berdasarkan tujuan tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)* model Borg dan Gall (1989) yang meliputi sepuluh langkah (Abdullah dkk., 2023). Pada penelitian pengembangan ini penulis hanya menggunakan delapan dari sepuluh langkah yang dikemukakan oleh (Sugiyono, 2014). Menurut (Emzir, 2008) pada buku modifikasi (Sugiyono, 2014) yang menjelaskan bahwa sebaiknya penelitian tesis atau disertasi dibatasi hanya hingga tahap penelitian skala, mengingat melanjutkannya hingga tahap kesepuluh akan memerlukan investasi biaya dan waktu yang signifikan. Model tersebut dipilih penulis dengan tahapan dan uraian sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Metode R&D Model Borg dan Gall

Tahapan dalam pembuatan rancangan dilakukan sesuai dengan skema dari model Borg dan Gall. Berikut penjelasan skema pengaplikasiannya yaitu:

#### 1. *Research and Information collection (Pengumpulan Data)*

Termasuk dalamnya adalah analisis kebutuhan, tinjauan pustaka, studi literatur, serta penelitian skala kecil dan persyaratan standar yang diperlukan. Pada tahap ini, saat pelaksanaan OJT penulis mengamati kegiatan yang dilakukan oleh teknisi unit mekanikal dengan penjelasan dari personel unit mekanikal.

2. **Planning (perencanaan)**, menyusun rencana penelitian, meliputi produk tentang monitoring suhu dan *air flow* berbasis IoT, tujuan dan manfaatnya, pengguna produknya, dimana lokasi, bagaimana proses pengembangannya dan alasan perancangan tersebut dianggap penting.
3. **Pengembangan Desain Awal**, pada tahapan ini dilakukan perancangan desain melihat dari pengukuran apa saja yang personel mekanikal butuhkan. Dari log book yang diisi teknisi mekanikal terdapat pengukuran yang dibutuhkan yaitu temperatur suhu dan aliran udara (*air flow*). Selanjutnya yaitu tahapan *coding*.
4. **Validasi Ahli**, penulis mengajukan rancangan monitoring suhu berbasis IoT kepada ahli media dan ahli materi untuk divalidasi.  
Untuk mendapatkan hasil skor dan kuesioner berdasarkan yaitu dengan menggunakan rumus sebagaimana telah dilakukan pada penelitian (Abdullah dkk., 2021) sebagai berikut :

$$\text{Nilai Validitas} = \frac{\text{Jumlah Skor Yang di Peroleh}}{\text{Jumlah Skor Tertinggi}} \times 100 \%$$

Untuk mengukur tingkat kevalidan alat dapat dilihat pada tabel dibawah :

Criteria	Category
84,01% - 100,00%	Sangat Baik
68,01% - 84,00%	Baik
52,01% - 68,00%	Cukup
36,01% - 52,00%	Kurang Baik
20,01% - 36,00%	Tidak Baik

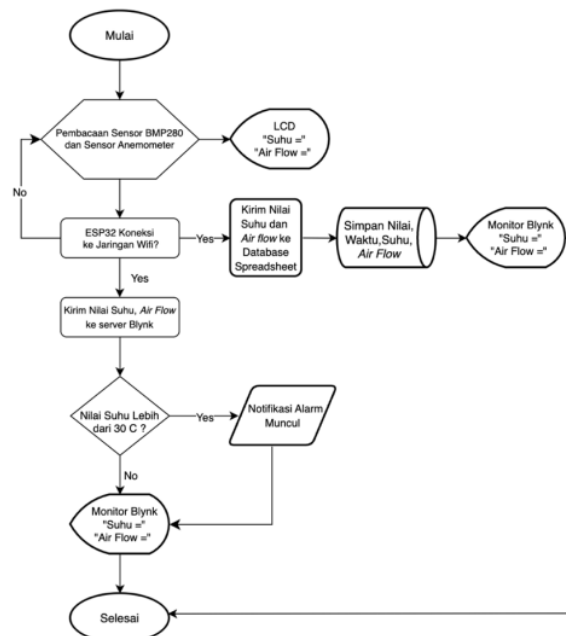
Sumber : (Yulianti, n.d.)

5. **Uji Coba Awal Program**, setelah validasi desain dan pembuatan media selesai maka dilakukan uji coba terhadap *prototype* yang berlokasi di ruang tunggu keberangkatan A9 Bandara Internasional Hang Nadim Batam.

6. **Revisi Produk**, melakukan revisi tahap pertama dari pengujian sebelumnya guna menyempurnakan produk, berdasar dengan hasil uji coba awal, termasuk hasil wawancara dan diskusi.
7. **Uji Coba Pemakaian**, dalam pengujian kedua ini merupakan hasil produk yang sudah direvisi sebelumnya. Pengujian ini berlokasi di ruang kelas TRBU 1 Bravo dengan jangka waktu yang lebih lama dari pengujian sebelumnya.
8. **Revisi Produk Akhir**, melakukan revisi terhadap produk akhir, berdasarkan hasil pengujian sebelumnya disertai dengan saran dan masukan dari dosen penguji.

## B. Desain

### 1. Desain Proses Prototype

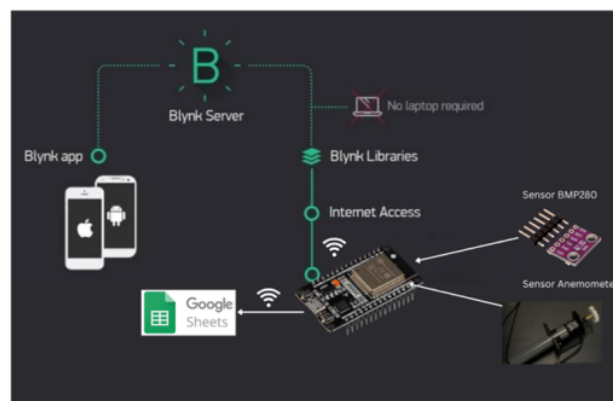


Gambar 3. 2 Flowchart Sistem Monitoring

Saat sistem alat diaktifkan, sensor BMP280 akan mulai mendeteksi suhu dan aliran udara di ruangan, kemudian data ini akan dikirim ke

mikrokontroler. Mikrokontroler akan memproses data sesuai dengan program yang telah diprogramkan, dan kemudian menampilkan hasilnya pada LCD 16x2. Setelah itu, ESP-32 yang terhubung ke jaringan internet akan mengirim data dari sensor BMP280 dan sensor anemometer ke server Blynk dan ke *Google Sheets*. Server Blynk akan memberikan sinyal apabila terdeteksi suhu yang melebihi 30°C dan memerikan alarm notifikasi pada aplikasi blynk.

## 2. Analisis Proses



Gambar 3. 3 Desain *Software*

Gambar 3.3 di atas menunjukkan penggunaan aplikasi Blynk untuk memantau perangkat keras menggunakan koneksi internet *Wi-Fi*. Pusat dari sistem ini adalah Blynk Server yang merupakan sebuah layanan *backend* berbasis *cloud* yang mengelola pengiriman dan penerimaan data, serta memvisualisasikan data secara grafis. Dengan cara ini, data yang diperoleh dari nilai monitoring akan dikirim dan diterima melalui *Google Spreadsheets* dan Blynk Server, dan kemudian ditampilkan pada aplikasi Blynk.

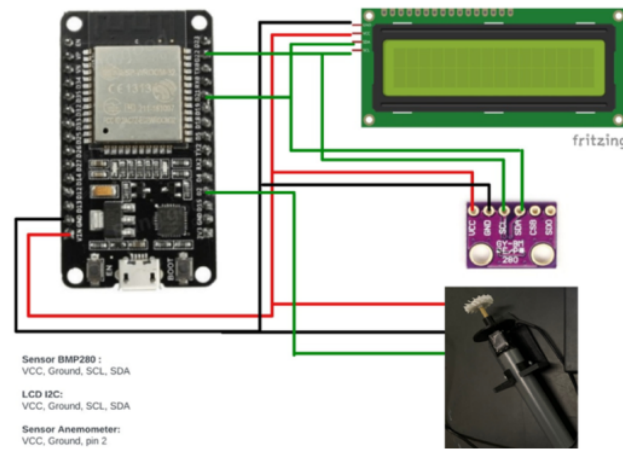
- a. MacOS Sonoma 14.2.1 sebagai operasi sistem
- b. Arduino IDE untuk memprogram untuk mengoperasikan Arduino ESP-32
- c. Blynk digunakan untuk mengontrol perangkat keras, menampilkan data dari sensor, menyimpan data, dan melakukan visualisasi.
- d. Google Spreadsheets digunakan untuk *collect* data otomatis.

### 3. Desain Perangkat

Implementasi sistem monitoring ini memerlukan perangkat keras dan perangkat lunak yang dirangkai menjadi sebuah prototipe yang terhubung ke aplikasi.

Berikut di bawah ini adalah perancangan perangkat dan bahan yang digunakan penulis untuk sistem *Automatic Temperature Monitoring* (ATM).

#### 1) Perangkat Keras (*Hardware*)



Gambar 3. 4 Rangkaian *Hardware*

- a. MacBook Pro M2 digunakan untuk pemrograman arduino, dan aplikasi Blynk menggunakan *software* Arduino IDE
- b. *Smartphone* penulis menggunakan Iphone 15 Pro 17.4.1 yang digunakan untuk monitoring dan control dengan aplikasi Blynk.
- c. Arduino ESP-32 digunakan sebagai mikrokontroler karena memiliki banyak keunggulan dan fitur tambahan dibandingkan generasi sebelumnya yaitu fitur Bluetooth, *Wi-Fi* yang lebih cepat, memori RAM yang cukup besar untuk menyimpan data, serta konsumsi daya yang rendah.
- d. Sensor BMP280 untuk mengukur suhu, tekanan udara dan kelembaban. Alasan penulis menggunakan sensor ini dikarenakan sensor BMP280 merupakan versi terbaru yang mempunyai akurasi tinggi dari versi sebelumnya yaitu BMP180 dan BMP085.

- e. Sensor Anemometer digunakan untuk mengukur aliran udara.
- f. LCD 16 x 2 sebagai alat untuk *display* hasil pengukuran sensor suhu dan tekanan, dan aliran udara yang telah diprogram
- g. Kabel *Jumper* berfungsi sebagai penghubung di dalam rangkaian *prototype*.

Tabel 3. 1 Rincian Rangkaian *Hardware*

NO	Perangkat Keras	Fungsi	Spesifikasi	Harga
1	Laptop Macbook Pro M2 2002	Sebagai pemrograman ESP-32, sensor BMP280, sensor anemometer, LCD 16 x 2 dan Blynk menggunakan Arduino IDE	Ram 8 gb SSD 256 gb	-
2	<i>Smartphone</i>	Penulis menggunakan iPhone 15 Pro IOS 17.4.1 yang digunakan untuk mengaplikasikan Blynk	IOS 17.4.1 Ram 8 gb	-
3	Arduino ESP-32	Sebagai mikrokontroler dengan fitur <i>Wi-Fi</i> dan <i>bluetooth</i> dan prosesor lain untuk menjalankan aplikasi	Memori 4 MB <i>WiFi transceiver</i> <i>Bluetooth</i>	Rp.60.000
3	Sensor BMP280	Untuk mengukur suhu, tekanan, dan kelembaban	Tegangan operasional 3,3 V	Rp.15.000
4	Sensor Anemometer	Untuk mengukur aliran udara	Tegangan operasional DC 3,3V/5V	Rp.150.000
5	LCD 16 x 2 i2c	Digunakan untuk melihat hasil pengukuran sensor suhu dan aliran udara yang terdeteksi	Daya : DC 5V	Rp.15.000
6	Kabel Jumper	Sebagai penghubung di dalam rangkaian <i>prototype</i>	-	Rp.15.000
7	USB <i>cable</i>	Sebagai penghubung koneksi ESP-32 ke laptop untuk memprogram	-	Rp.20.000
8	Adaptor	Sebagai <i>supply</i> daya yang dibutuhkan oleh alat	-	Rp.25.000

### C. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai November 2023 hingga Januari 2024, dengan lokasi perancangan di Kota Batam. Revisi rancangan lanjutan dilakukan dari April 2024 sampai Juli 2024, dengan lokasi penelitian di Kota Palembang.

Tabel 3. 2 *Timeline* Waktu Perencanaan dan Penelitian

No	Uraian	Bulan (Tahun 2023)	Bulan (Tahun 2024)					Indikator
		Nov	Jan	April	Mei	Juni	Juli	
1.	Pelaksanaan Awal Penelitian							<i>Draft</i> Data dan <i>Prototype</i>
2.	Uji Coba Awal							Ujicoba Alat
3.	Penyusunan Proposal							Ujicoba Alat
4.	Sidang Proposal							Ujicoba Alat
5.	Pengembangan Alat							<i>Draft</i> Pengembangan Alat
6.	Uji Coba Pemakaian							Ujicoba Alat Pengembangan
7.	Pelaksanaan Sidang TA							Alat <i>Final</i>



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil

Berdasarkan perancangan yang dilakukan oleh penulis, guna mendukung kegiatan pemeliharaan preventif AC *Central*, hasil penelitian dan pembahasan yang diperoleh akan diuraikan dalam delapan dari sepuluh tahapan yang terdapat dalam model Borg dan Gall. Penelitian pengembangan melibatkan delapan tahapan untuk menghasilkan produk akhir, di mana peneliti melakukan pengembangan dengan tahapan-tahapan tersebut, yaitu pengumpulan data (*research and information collection*), perencanaan (*planning*), pengembangan desain awal, validasi desain, uji coba awal program, visi produk, uji coba pemakaian, dan revisi produk akhir.

#### 1. Hasil Pengumpulan Data (*Research and Information Collection*)

Pada saat pelaksanaan OJT di Bandara Hang Nadim Internasional Batam, penulis mengamati kegiatan yang dilakukan oleh personel unit mekanikal dalam pelaksanaan kegiatan pemeliharaan *preventive* monitoring suhu dan *air flow* di seluruh ruangan terminal sebanyak 37 titik. Upaya selama ini yang dilakukan oleh personel unit mekanikal dalam memastikan kenyamanan suhu ruangan terminal yaitu menggunakan cara konvensional dengan mengukur suhu dan *air flow* secara langsung ke seluruh ruangan tersebut.

Berdasarkan Pedoman Pemeliharaan dan Pelaporan Peralatan Fasilitas Elektronika Penerbangan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (2003), kategori kelompok peralatan yang jarang mengalami gangguan kerusakan memiliki nilai ketersediaan  $\geq 95\%$ . Penentuan nilai ketersediaan didapat dari dua aspek (Dieter, 2000) yaitu, *Mean Time To Repair* (MTTR) atau waktu rata-rata pengerjaan perbaikan dan *Mean Time Between Failure* (MTBF) atau rata-rata waktu beroperasi komponen tanpa mengalami kegagalan.

Berikut perhitungan ketersediaan dalam pemeliharaan *preventive* bulanan pengkondisian udara di Bandara Internasional Hang Nadim Batam:

Laju kegagalan

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{Total waktu operasi (jam)}} \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{90 \text{ kali (3 kali x 30 hari)}}{480 \text{ (16 jam x 30 hari)}} = 0,18$$

MTBF (*mean time between failure*)

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Total waktu operasi (jam)}}{\text{Jumlah kegagalan (jam)}} \quad (2)$$

$$\text{MTBF} = \frac{480}{0,18} = 2.666,6$$

MTTR (*mean time to repair*)

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Lama perbaikan (menit)}}{\text{Jumlah kerusakan}} \quad (3)$$

$$\text{MTTR} = \frac{14400 \text{ (8 jam x 60 menit x 30 hari)}}{90} = 160$$

Ketersediaan

$$A = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \quad (4)$$

$$A = \frac{2666,6}{2666,6 + 160}$$

$$A = 0,94 \times 100\%$$

$$A = 94\%$$

Hasil evaluasi pemeliharaan *preventive* pada pengkondisian udara ruang terminal Bandara Internasional Hang Nadim Batam yaitu 94%. Nilai tersebut termasuk ke dalam kelompok peralatan yang sering mengalami gangguan/kerusakan dengan nilai ketersediaan  $70\% < A < 95\%$ . Karena hal tersebut perlu dilakukan inovasi serta cara baru dalam monitoring suhu dan aliran udara (*air flow*) pada ruangan terminal Bandara Internasional Hang

Nadim Batam, untuk itu penulis merancang sebuah alat *Automatic Monitoring Temperature (ATM)* yang diharapkan dapat meningkatkan nilai ketersediaan dalam pemeliharaan *preventive air conditioning*.

## 2. *Planning (perencanaan)*

Monitoring suhu dan *air flow* berbasis IoT ini ditujukan untuk personel unit mekanikal guna meningkatkan kinerja dalam melaksanakan kegiatan operasional dan mempermudah pekerjaan yang sebelumnya dilakukan secara manual seperti pengecekan suhu dan aliran udara (*air flow*) di seluruh ruangan di terminal Bandara Internasional Hang Nadim Batam.

Tabel 4. 1 *Timeline Uji Coba Produk*

Pelaksanaan	Tempat	Tanggal	Waktu
Pengembangan Desain	Batam	15 Desember s.d 29 Januari 2024	±1 bulan
Uji Coba Awal	Ruang Tunggu Keberangkatan A9 Bandara Internasional Hang Nadim Batam	30 Januari 2024	1 hari (09.30)
Uji Coba Pemakaian	Ruang Kelas TRBU 1 Bravo	19-21 Juni 2024	3 hari (pagi dan siang)

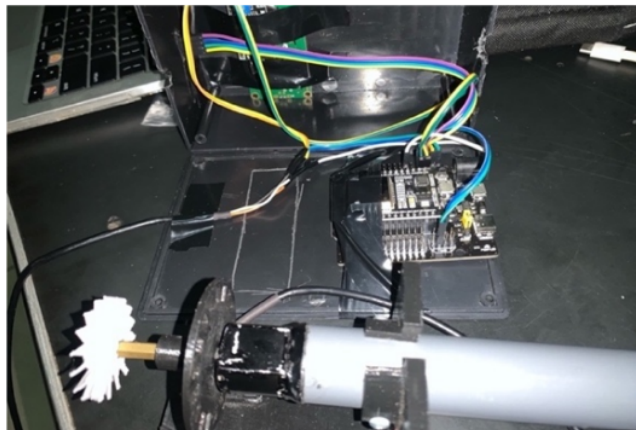
## 3. *Pengembangan Desain*

Mengacu pada *log book* yang diisi teknisi mekanikal terdapat pengukuran yang dibutuhkan yaitu temperatur suhu dan aliran udara (*air flow*), karena itu penulis menggunakan sensor BMP280 untuk pengukuran suhu dan sensor Anemometer untuk pengukuran aliran udara (*air flow*).

a. Hasil Rancangan Perangkat Keras



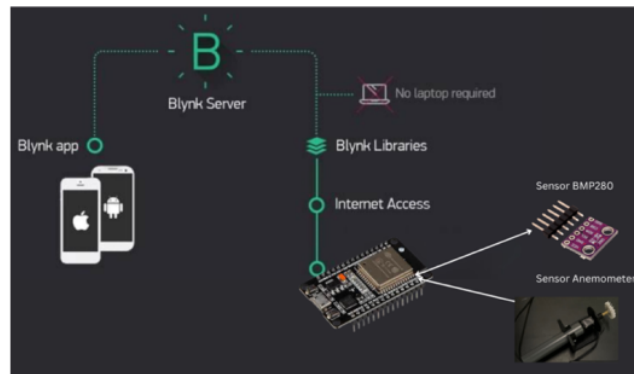
Gambar 4. 1 Hasil Rancangan Awal *Hardware* Tampak Luar



Gambar 4. 2 Hasil Rancangan Awal *Hardware* Tampak Dalam

Pada gambar 4.1 merupakan hasil rancangan awal tampak luar perangkat keras, dengan menggunakan *case enclosure box project* hitam ukuran 145 x 95 x 50 mm, baling baling sensor anemometer berdiameter 3 cm, dan untuk *supply* energi listrik dapat menggunakan baterai kotak 9 volt, *powerbank*, atau *adaptor AC/DC* yang dihubungkan langsung dari *stopcontact*. Gambar 4.2 merupakan hasil rancangan awal tampak dalam perangkat keras, menggunakan kabel jumper untuk menghubungkan antar komponen ke mikrokontroler.

## b. Hasil Rancangan Perangkat Lunak



Gambar 4. 3 Hasil Alur Rancangan Perangkat Lunak

Gambar 4.3 menunjukkan penggunaan aplikasi Blynk untuk memantau perangkat keras menggunakan koneksi internet *Wi-Fi*. Pusat dari sistem ini adalah Blynk Server yang merupakan sebuah layanan *backend* berbasis *cloud* yang mengelola pengiriman dan penerimaan data, serta memvisualisasikan data secara grafis. Dengan metode ini, data hasil monitoring akan dikirim dan diterima oleh Blynk server, lalu ditampilkan pada aplikasi Blynk.

## 4. Validasi

Pada tahap ini penulis mengajukan desain awal rancangan monitoring suhu berbasis IoT untuk divalidasi oleh para ahli. Validasi dilakukan untuk menilai apakah rancangan desain tersebut sudah sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan. Data validasi ini berasal dari tenaga ahli yang mumpuni dibidangnya, sebagai berikut:

- a. Ir. Direstu Amalia, S.T., MS.ASM selaku Pengelola Administrasi Pengabdian Masyarakat sebagai ahli media.
- b. Mochamad Hanif, S.ST selaku *Team Leader* unit Mekanikal di Bandara Internasional Hang Nadim Batam sebagai ahli *Air Conditioning*.
- c. Almas Maula Afiqi, A.Md.T selaku *Train Driver* MRT Jakarta sebagai ahli IT (*Information Technology*) Programmer.

Pada pengujian ini, validator akan memberikan saran dan pendapat untuk pengembangan sistem di masa mendatang. Hasil validasi ahli dari alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 4. 2 Penilaian Validator Ahli Materi *Air Conditioning*

Aspek Penilaian		Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
<b>A. Aspek Fungsi Alat</b>						
1	Relevansi tujuan perancangan alat dengan kebutuhan pemeliharaan <i>air conditioning</i>					✓
2	Fitur yang disediakan sesuai dengan kebutuhan				✓	
3	Kesesuaian penulisan angka dan satuan pada pengukuran suhu dan aliran udara ( <i>air flow</i> )					✓
<b>B. Kompabilitas</b>						
1	Dapat diakses dari <i>desktop</i> atau <i>mobile</i>					✓
<b>C. Pemantauan Kinerja</b>						
1	Data dapat dilihat dimanapun dan kapanpun				✓	
2	Data <i>google spreadsheets</i> dapat diperbaharui kapanpun					✓
<b>D. Keamanan</b>						
1	Keamanan pada bentuk fisik alat <i>Automatic Temperatur Monitoring</i> (ATM)				✓	

Tabel diatas merupakan lembar validasi Ahli Materi *Air Conditioning* yang dinilai oleh bapak Mochamad Hanif, S.ST selaku *Team Leader* unit Mekanikal di Bandara Internasional Hang Nadim Batam. Penilaian pada aspek Fungsi Alat mendapatkan nilai 93%, Kompabilitas sebesar 100%, Pemantauan Kinerja 93%, dan Keamanan mendapatkan nilai 80%.

Tabel 4. 3 Penilaian Validator Ahli IT

	Aspek Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
	<b>A. Tampilan</b>					
1	Interaktifitas dan Responsifitas pada server Blynk dan <i>Google Spreadsheets</i>					✓
2	Kesesuaian penulisan angka dan satuan pada pengukuran suhu dan aliran udara ( <i>air flow</i> )					✓
	<b>B. Kemudahan Penggunaan</b>					
1	Fitur aplikasi dan <i>website</i> Blynk mudah untuk dioperasikan dengan jaringan <i>Wi-Fi</i>					✓
2	Responsif pemuatan data pengukuran suhu dan aliran udara ( <i>air flow</i> )					✓
	<b>C. Kebahasaan</b>					
1	Bahasa yang digunakan pada aplikasi mudah dipahami					✓
2	Kesesuaian konteks bahasa yang digunakan pada media					✓
	<b>D. Keterlaksanaan</b>					
1	Kesesuaian kebutuhan media <i>Automatic Temperatur Monitoring</i> (ATM)				✓	
2	Sistem alat <i>Automatic Temperatur Monitoring</i> (ATM) dapat beroperasi dengan lancar				✓	
	<b>E. Keamanan</b>					
1	Keamanan pada server Blynk alat <i>Automatic Temperatur Monitoring</i> (ATM)					✓

Tabel diatas merupakan lembar validasi Ahli IT yang dinilai oleh Almas Maula Afiqi, A.Md.T selaku *Train Driver* MRT Jakarta sebagai ahli IT (*Information Technology*) Programmer. Penilaian pada aspek Tampilan mendapatkan nilai 100%, Kemudahan Penggunaan sebesar 100%, Kebahasaan 100%, Keterlaksanaan mendapatkan nilai 80%, dan Keamanan 100%.

Tabel 4. 4 Penilaian Validator Ahli Media

38 Aspek Penilaian		Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
<b>A. Bentuk Alat</b>						
1	Kesesuaian bentuk alat dengan kebutuhan ruangan terminal bandara ( <i>practice</i> )					✓
2	Visual dan estetika alat <i>Automatic Temperatur Monitoring</i> (ATM)					✓
<b>B. Kualitas Alat</b>						
1	Kualitas Bahan dan Komponen Alat <i>Automatic Temperatur Monitoring</i> (ATM)				✓	
2	Keamanan <i>Automatic Temperatur Monitoring</i> (ATM)				✓	
3	Sistem Alat <i>Automatic Temperatur Monitoring</i> (ATM) mudah dalam pengoperasian					✓
4	Alat <i>Automatic Temperatur Monitoring</i> (ATM) dapat digunakan untuk jangka panjang				✓	
<b>C. Fungsi Alat</b>						
1	Pengoperasian data pada hasil pengukuran <i>Automatic Temperatur Monitoring</i> (ATM)					✓
2	Kemudahan Pemantauan dan Pengendalian					✓
3	Efektivitas dalam meningkatkan pemeliharaan preventive <i>Air Conditioner</i>					✓
4	Kesesuaian hasil nilai pengukuran pada LCD, Blynk, dan <i>Google Spreadsheet</i> .					✓

Tabel di atas merupakan lembar validasi Ahli *IT* yang dinilai oleh Ibu Direstu Amalia, S.T., MS.ASM selaku Pengelola Administrasi Pengabdian Masyarakat Politeknik Penerbangan Palembang sebagai ahli media. Penilaian pada aspek Bentuk Alat mendapatkan nilai 100%, Kualitas Alat sebesar 85%, dan Fungsi Alat 100%.



Untuk mendapatkan hasil validasi, berikut rumus yang digunakan untuk mendapatkan hasil penilaian keseluruhan yaitu :

$$\text{Nilai Validitas} = \frac{\text{Jumlah Skor Yang di Peroleh}}{\text{Jumlah Skor Tertinggi}} \times 100 \%$$

Tabel 4. 5 Persentase Validator Ahli Materi *Air Conditioning*

Aspek				Rata-rata	Kategori
Fungsi	Kompabilitas	Pemantauan Kinerja	Keamanan		
93%	100%	93%	80%	91,5%	Sangat Baik

Pada tabel 4.9 merupakan hasil penilaian dari Ahli Materi *Air Conditioning*. Hasil yang didapat pada aspek Fungsi Alat mendapatkan nilai 93%, Kompabilitas sebesar 100%, Pemantauan Kinerja 93%, dan Keamanan mendapatkan nilai 80%, sehingga didapat rata-rata sebesar 91,5%. Nilai tersebut termasuk ke dalam kategori “Sangat Baik”.

Tabel 4. 6 Persentase Validator Ahli *IT*

Aspek					Rata-rata	Kategori
Tampilan	Kemudahan	Kebahasaan	Keterlaksanaan	Keamanan		
100%	100%	100%	80%	100%	96%	Sangat Baik

Pada tabel 4.10 merupakan hasil penilaian dari Ahli Materi *Air Conditioning*. Hasil yang didapat pada aspek Tampilan mendapatkan nilai 100%, Kemudahan Penggunaan sebesar 100%, Kebahasaan 100%, Keterlaksanaan mendapatkan nilai 80%, dan Keamanan 100%. sehingga didapat rata-rata sebesar 96%. Nilai tersebut termasuk ke dalam kategori “Sangat Baik”.

Tabel 4. 7 Persentase Validator Ahli Media

Aspek			Rata-rata	Kategori
Bentuk Alat	Kualitas	Fungsi		
100%	85%	100%	95%	Sangat Baik

Pada tabel 4.11 merupakan hasil penilaian dari Ahli Materi *Air Conditioning*. Hasil yang didapat pada aspek Bentuk Alat mendapatkan nilai 100%, Kualitas Alat sebesar 85%, dan Fungsi Alat 100%, sehingga didapat rata-rata sebesar 95%. Nilai tersebut termasuk ke dalam kategori “Sangat Baik”.

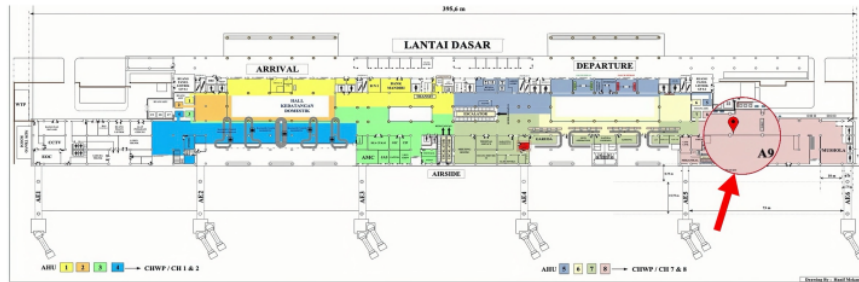
Tabel 4. 8 Hasil Validasi Ahli

NO	Nama Tenaga Ahli	Bidang Keahlian	Penilaian
1.	Mochamad Hanif, S.ST.	Ahli Materi <i>Air Conditioning</i>	Alat <i>Automatic Temperature Monitoring</i> (ATM) layak digunakan
2.	Almas Maula Afiqi, A.Md.T.	Ahli IT ( <i>Information Teknologi</i> )	Alat <i>Automatic Temperature Monitoring</i> (ATM) layak digunakan
3.	Ir. Direstu Amalia, S.T., MS.ASM.	Ahli Media	Alat <i>Automatic Temperature Monitoring</i> (ATM) layak digunakan

Pada tabel 4.12 merupakan kesimpulan hasil penilaian dari Ahli Materi *Air Conditioning*, Ahli IT, dan Ahli Media. Ketiga validator tersebut menilai bahwa alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) layak digunakan.

## 5. Uji Coba Awal

Setelah validasi desain dan pembuatan media selesai maka dilakukan uji coba awal terhadap *prototype* yang berlokasi di ruang tunggu keberangkatan A9 Bandara Internasional Hang Nadim Batam.



Gambar 4. 4 Titik Lokasi Uji Coba Awal

#### a. Pengujian Perangkat Keras

Hasil nilai pengukuran sensor BMP280 sebagai pendeteksi suhu dan pengukuran sensor anemometer sebagai pengukur aliran udara (*air flow*) pada tabel di bawah didapat dari uji coba awal di ruang tunggu keberangkatan A9 Bandara Internasional Hang Nadim Batam. Nilai yang didapat dari hasil pengukuran *Automatic Monitoring Temperature* (ATM) yang terdapat pada LCD dan Blynk kemudian di bandingkan dengan hasil pengukuran dengan *Thermometer Gun* dan data dari BAS (*Building Automation System*).

Tujuan membandingkan data hasil pengukuran tersebut adalah untuk membuktikan apakah rancangan *Automatic Monitoring Temperature* (ATM) yang telah dibuat sesuai atau akurat dengan pengukuran cara konvensional (*thermometer gun*) (Azwar, 2023).

#### 1) Sensor BMP 280

Berikut data hasil pengukuran yang didapatkan dan ditampilkan di aplikasi Blynk dan LCD 16x2 I2C pada uji coba awal:

Tabel 4. 9 Perbandingan Hasil Uji Coba Awal Pengukuran Suhu

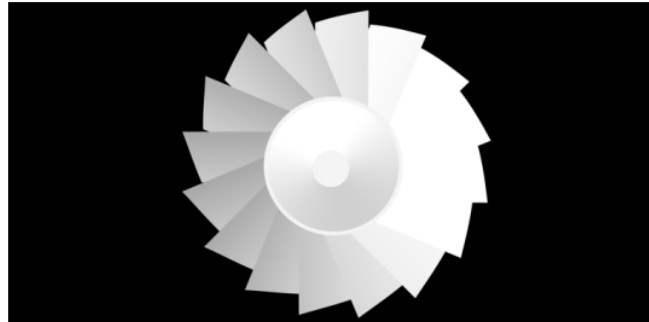
Data BAS	Data Thermometer Gun	Data LCD	Data Blynk
24.00°C	24.00°C	23.73°C	24.00°C

Pada tabel 4.3 merupakan hasil pengukuran suhu dengan sensor BMP280. Hasil yang diperoleh dari alat *Automatic Monitoring*

*Temperature* (ATM) yaitu pada Blynk dan LCD. Perbedaan nilai angka didapat pada LCD yaitu dengan rentang  $0,27^{\circ}\text{C}$  dibandingkan dengan data BAS, Termometer, dan Blynk yang terdeteksi sebesar  $24,00^{\circ}\text{C}$ .

## 2) Sensor Anemometer

Pembuatan baling-baling untuk sensor anemometer, penulis menggunakan *software Computer Aided Design* (CAD) untuk menggambar desain 3D, yang kemudian setelah itu di cetak dengan mesin *3D Printing*. Baling baling sensor anemometer berdiameter 3 cm dan tebal 2 mm.



Gambar 4. 5 Baling-Baling Sensor Anemometer Awal

Tabel 4. 10 Perbandingan Hasil Uji Coba Awal Pengukuran Aliran Udara (*Air flow*)

Data Alat Anemometer	Data LCD	Data Blynk
2.5 m/s	2 m/s	2 m/s

Pada <sup>20</sup> tabel 4.4 merupakan hasil pengukuran suhu dengan sensor anemometer. Hasil yang diperoleh dari alat *Automatic Monitoring Temperature* (ATM) yaitu pada Blynk dan LCD. Perbedaan nilai angka didapat pada alat anemometer yaitu dengan rentang  $0,5 \text{ m/s}$  dibandingkan dengan data LCD dan Blynk yang terdeteksi sebesar  $2 \text{ m/s}$ .

## b. Pengujian Perangkat Lunak

### 1) *Software* Arduino IDE

Konfigurasi Aplikasi Arduino IDE digunakan untuk memprogram mikrokontroler Arduino ESP-32. Cara menyesuaikan jaringan *Wi-Fi* yang ingin dihubungkan ke *microcontroller* dengan memasukkan *SSID* dan *Password Wi-Fi* tersebut. Berikut di bawah ini adalah pemrograman yang digunakan pada Uji Coba Awal.

```

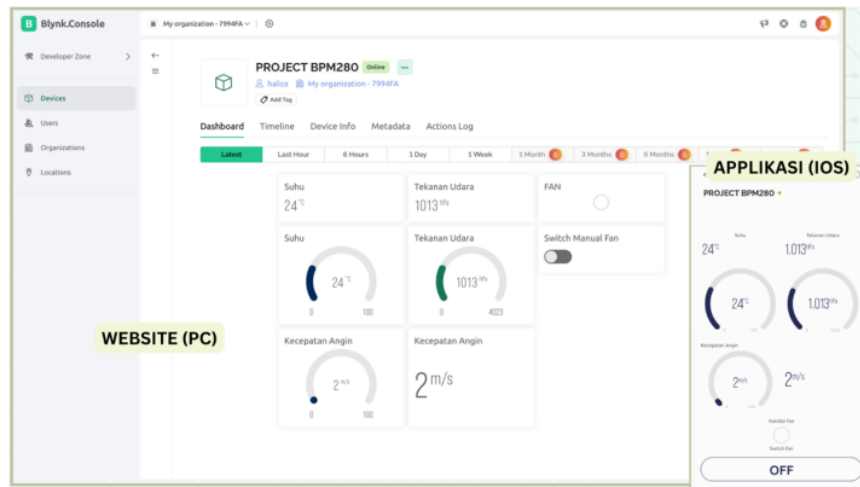
17
18 Adafruit_BMP280 bmp280;
19 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
20
21 float temp, pressure, windSpeed = 0.0;
22 char auth[] = "NLHKQVPoboFWYex9g8lTnNs7iIEwKCYr", ssid[] = "alincia", pass[] = "11111111"; //Isi Password dan SSID WiFi
23 const int anemometerPin = 2;
24
25 const float pi = 3.14159265; // pi number
26 int period = 10000; // Measurement period (milliseconds)
27 int delaytime = 10000; // Time between samples (milliseconds)
28 int radio = 90; // Distance from center windmill to outer cup (mm)
29 int jml_celah = 18; // jumlah celah sensor
30
31 // Variable definitions
32 unsigned int Sample = 0; // Sample number
33 unsigned int counter = 0; // B/W counter for sensor
34 unsigned int RPM = 0; // Revolutions per minute
35 float speedwind = 0; // Wind speed (m/s)
36
37 void setup() {
38   // put your setup code here, to run once:
39
40   Serial.begin(115200);
41   Serial.println("Initializing BMP280");
42
43   boolean status = bmp280.begin(0x76);
44   lcd.init();
45   lcd.backlight();
46   Blynk.begin(auth, ssid, pass);

```

Gambar 4. 6 Kode Pemrograman Uji Coba Awal

Gambar 4.6 merupakan kode pemrograman alat *Automatic Monitoring Temperature* (ATM) pada tahap uji coba awal yang dilakukan di ruang tunggu keberangkatan A9 Bandara Internasional Hang Nadim Batam. Pada saat itu alat tersebut dioperasikan oleh *Wi-Fi* (Alim, 2023) dengan *setting* ssid “alincia” dan *password* “11111111”.

## 2) Aplikasi Blynk



Gambar 4. 7 Hasil Tampilan Aplikasi Blynk Uji Coba Awal

Gambar 4.7 merupakan tampilan hasil pengukuran suhu, tekanan udara, dan *air flow* di aplikasi Blynk pada aplikasi iOS dan komputer (*website*). Jika alat sudah terhubung dengan *Wi-Fi*, maka otomatis pada *website* maupun aplikasi Blynk, akan menampilkan hasil pengukuran yang sesuai dengan tampilan pada LCD (Saputra dkk., 2020). Pada gambar ditunjukkan bahwa pengukuran pada aplikasi iOS dan komputer (*website*) menampilkan nilai suhu sebesar 24°C, dan *air flow* sebesar 2 m/s.

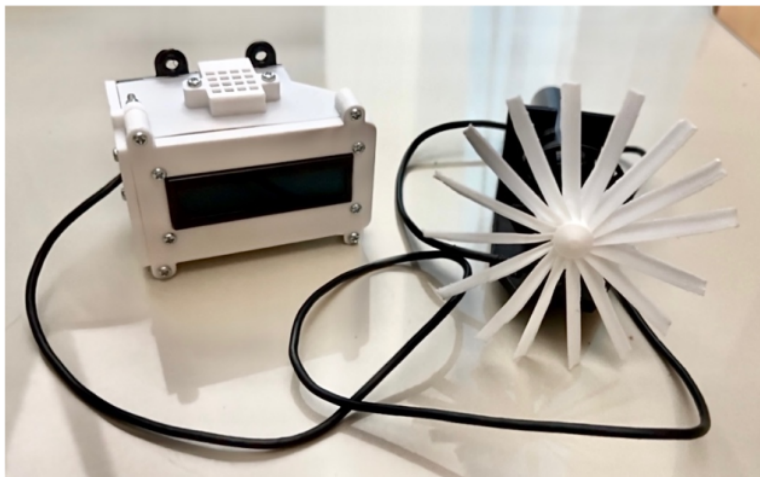
## 6. Revisi Produk

Pada uji coba awal, terdapat beberapa kekurangan pada rancangan yang dapat dikembangkan. Pengembangan *prototype* tersebut dilakukan guna menyempurnakan serta meningkatkan keefektifan penggunaan alat monitoring suhu dan aliran udara (*air flow*) berbasis IoT. Revisi tahap pertama ini berdasarkan hasil uji coba terbatas, termasuk hasil diskusi, dan wawancara .

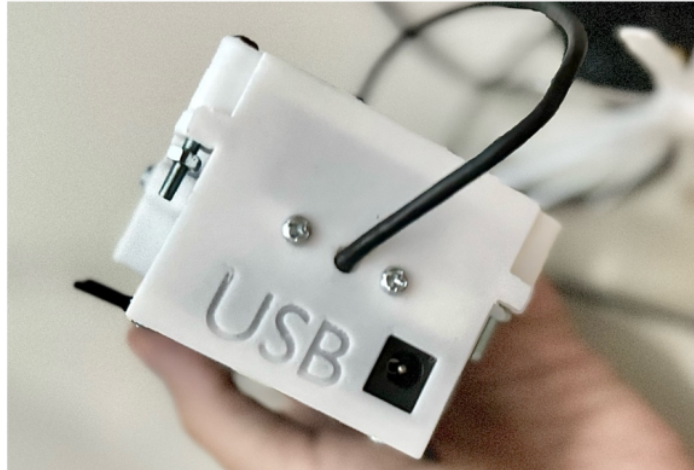
Tabel 4. 11 Hasil Revisi I dan Perencanaan Pengembangan

NO	Kelemahan Perancangan Awal	Perancangan Pengembangan
1.	Bentuk fisik alat masih kurang rapi dan <i>compact</i> .	Bentuk fisik alat dibuat lebih rapi dan <i>compact</i> sehingga memudahkan dalam pemasangan.
2.	Baling-baling pada sensor anemometer kurang ringan sehingga pembacaan <i>air flow</i> berisiko terhambat.	Merubah dan membuat baru desain baling baling untuk sensor anemometer dengan yang lebih ringan.
3.	Tidak memiliki alarm notifikasi pada aplikasi Blynk jika suhu melebihi batas ketentuan yaitu 25° C.	Membuat fitur alarm notifikasi pada aplikasi Blynk agar mempercepat respon dari teknisi untuk tindakan.
4.	<i>Collect data</i> yang terbaca oleh aplikasi masih dengan cara manual.	<i>Collect data</i> secara otomatis ke <i>google spreadsheets</i> .

Dari tabel 4.15 yang menjelaskan rincian pengembangan yang dilakukan penulis, terdapat empat *point* yang dikembangkan pada alat *Automatic Monitoring Temperature (ATM)* yaitu pada bentuk fisik alat, baling-baling sensor anemometer, penambahan *alarm* notifikasi aplikasi Blynk, dan collect data otomatis di *google spreadsheets*. Berikut di bawah ini bentuk implementasi hasil dari pengembangan sesuai dengan empat *point* tersebut.



Gambar 4. 8 Hasil Revisi Rancangan Alat Sesudah Pengembangan



Gambar 4. 9 Sumber *Supply* Energi Listrik Alat

Alat *Automatic Monitoring Temperature* (ATM) menggunakan sumber energi listrik yang dapat di *supply* menggunakan kabel *jack adaptor* AC to DC 9-15 Volt yang dihubungkan langsung ke stop kontak, atau dengan menggunakan baterai kotak 9-15 Volt.

## 7. Uji Coba Pemakaian

Pada pengujian kedua ini merupakan hasil produk yang sudah direvisi sebelumnya. Pengujian ini berlokasi di ruang kelas TRBU 1 Bravo dengan jangka waktu yang lebih lama dari pengujian sebelumnya. Pengujian dilakukan pada dua waktu yaitu pagi dan siang hari.

### a. Pengujian Perangkat Keras

#### 1) Sensor BMP280

Nilai hasil pengukuran suhu yang dideteksi sensor BMP280, yaitu terdapat pada LCD, monitor Blynk, dan data sheets kemudian dibandingkan dengan nilai hasil pengukuran manual menggunakan *thermometer gun* (Alim, 2023). Setelah membandingkan nilai tersebut, dihitung menggunakan rumus untuk mengetahui akurasi dan persentase *error*. Hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada tabel 4.6. Berikut adalah contoh perhitungan untuk menentukan nilai *error*.



Rumus Rata-rata Pengukuran

$$\frac{\text{data LCD} + \text{data blynk} + \text{data sheets}}{3}$$

$$= \frac{25,6 + 25 + 25,6}{3}$$

$$= 25,40$$

Rumus Selisih Suhu Rata-rata pengukuran dengan termometer

$$= \text{suhu thermometer} - \text{rata rata pengukuran}$$

$$= 26 - 25,40$$

$$= 0,60$$

Rumus Persentase *Error*

$$= \frac{\text{selisih suhu rata rata pengukuran dengan termometer}}{\text{suhu termometer}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,60}{26} \times 100\%$$

$$= 0,02$$

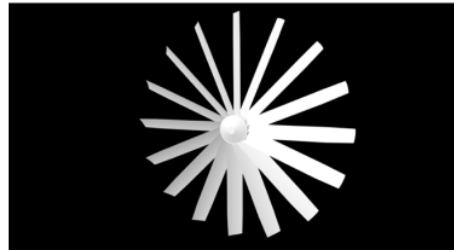
Tabel 4. 12 Perbandingan Hasil Uji Coba Pemakaian Pengukuran Suhu

NO	Hari	Waktu	Jam	Data LCD	Data Blynk	Data Sheets	Data Thermo	Rata -Rata	Selisih	% Error
1	1	Pagi	07.24	25,6	25	25,6	26	25,40	0,60	0,02
		Siang	14.16	26,3	26	26,3	27	26,20	0,30	0,03
2	2	Pagi	07.51	24,9	24	24,9	25	24,60	0,40	0,02
		Siang	14.40	25,8	25	25,8	26	25,53	0,46	0,02
3	3	Pagi	07.37	25,5	25	25,5	26	25,33	0,26	0,03
		Siang	14.09	26,7	26	26,7	27	26,46	0,33	0,02
<b>Rata-rata</b>										0,022
<b>% error</b>							0,022			
<b>Akurasi</b>							99,978			

Nilai pengukuran rata-rata persentase *error* pada tabel 4.6 menunjukkan angka yang rendah yaitu 0,022%, dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran yang dioperasikan oleh alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) memiliki akurasi tinggi sebesar 99,97% .

## 2) Sensor Anemometer

Pada desain 3D awal baling-baling sensor anemometer masih terdapat kekurangan dan kendala, Kendala tersebut dikarenakan penyesuaian berat dan bentuknya yang membuat pembacaan aliran udara (*air flow*) menjadi kurang maksimal. Guna memaksimalkan kinerja sensor anemometer, penulis mendesain ulang model baling-baling tersebut menjadi lebih lebar yaitu berdiameter 8 cm dan tebal 1 mm agar dapat menjangkau angin lebih banyak dan berputar dengan mudah di *supply air conditioner*. Desain baling-baling hasil pengembangan tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. 10 Baling-Baling Sensor Anemometer Final

Nilai hasil pengukuran suhu yang dideteksi sensor anemometer, yaitu terdapat pada LCD, monitor Blynk, dan data *sheets*. Data nilai yang didapat tersebut kemudian dihitung menggunakan rumus untuk mengetahui rata-rata pengukuran. Perhitungan akurasi dan persentase *error* pada pengukuran aliran udara (*air flow*) tidak dapat dilakukan karena harga alat anemometer yang belum dapat dijangkau penulis. Hasil pengukuran aliran udara (*air flow*) dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4. 13 Perbandingan Hasil Uji Coba Pemakaian Pengukuran Aliran Udara (*Air flow*)

NO	Hari	Waktu	Jam	Data LCD	Data Blynk	Data Sheets	Rata-Rata
1	1	Pagi	07.24	09,20	09	09,20	09,13
		Siang	14.09	10,35	10	10,35	10,23
2	2	Pagi	07.51	09,85	09	09,85	09,56
		Siang	14.40	09,60	09	09,60	09,4
3	3	Pagi	07.37	10,05	10	10,05	10,03
		Siang	14.16	10,20	10	10,20	10,13

Nilai pengukuran dari sensor anemometer pada tabel 4.17 menunjukkan kesesuaian angka pada data LCD dan data *sheets*, untuk data yang ditampilkan Blynk tidak menyertai koma di belakang angka pengukuran yang dioperasikan oleh alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM).

## b. Pengujian Perangkat Lunak

### 1) *Software* Arduino IDE

Konfigurasi aplikasi Arduino IDE digunakan untuk memprogram mikrokontroler Arduino ESP-32. Program tersebut di *input* ke dalam *board* mikrokontroler ESP-32 untuk mengatur sistem kerja alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM). Berikut di bawah ini adalah penjelasan dari beberapa item pemrograman.

```

75 float temp = bmp280.readTemperature();
76 float pressure = (bmp280.readPressure() / 100);
77
78 Serial.print("Temperature: ");
79 Serial.print(temp, 1);
80 Serial.println("°C");
81
82 Serial.print("Pressure: ");
83 Serial.print(pressure, 1);
84 Serial.println("hPa");
85
86 lcd.setCursor(0, 0);
87 lcd.print("Temp: " + String(temp) + "°C");
88 lcd.setCursor(0, 1);
89 lcd.print("Pres: " + String(pressure) + "hPa");

```

Gambar 4. 11 Pemrograman set suhu ruang

Pada gambar 4.11 merupakan pemrograman set suhu ruang dengan sensor BMP280. Pengambilan data suhu dan tekanan udara dengan variabel "*temp*" dan "*pressure*" diinisialkan dari suhu dan tekanan udara.

```

122 void windvelocity() {
123   speedwind = 0;
124   counter = 0;
125   attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(windPin), addcount, CHANGE);
126   unsigned long startTime = millis();
127   while (millis() < startTime + period) {}
128
129   detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(windPin));
130 }
131
132 void RPMcalc() {
133   RPM = ((counter / jml_celah) * 60) / (period / 1000);
134 }
135
136 void WindSpeed() {
137   speedwind = ((2 * pi * radio * RPM) / 60) / 1000;
138 }

```

Gambar 4. 12 Pemrograman sensor anemometer

Pada gambar 4.12 merupakan pemrograman pengukuran aliran udara (*air flow*) dengan sensor anemometer. Fungsi *"RPMcalc()*" digunakan untuk menghitung rotasi per menit (RPM) dari sensor anemometer. *"Counter"* adalah jumlah perubahan atau pulsa yang terhitung, *"jml\_celah"* adalah jumlah celah atau bagian pada sensor anemometer yang mempengaruhi perhitungan (bilah pada anemometer), *"60"* mengonversi hitungan per detik menjadi per menit, dan *"(period / 1000)"* mengonversi periode dari milidetik ke detik. Perhitungan kecepatan angin yang difungsikan oleh *"speedwind = ((2 \* pi \* radio \* RPM) / 60) / 1000;"*,  $(2 * \pi * \text{radio})$  digunakan untuk menghitung luas baling baling sensor, radio adalah radius/jari-jari, lalu dikalikan dengan RPM hasil dari coding *RPMcalc* sebelumnya, setelah itu di konversi jadi ke detik dan di bagi 1000 untuk konversi dari millimeter ke meter. Berikut contoh perhitungan *speedwind*.

Didapatkan:

Counter = 180 kali

Jumlah Celah = 18

Periode 10000 m/s (10 detik)

Radio (jari-jari) = 90 mm

Dihitung:

$$\text{RPM} = \frac{\left(\frac{180}{18} \times 60\right)}{10000}$$

$$\text{RPM} = 60$$

Penghitungan Aliran Udara (*Air Flow*)

$$\text{speedwind} = \frac{(2 \times 3,14 \times 90 \times 60)}{60 \times 1000}$$

$$= \frac{3392,920}{60000}$$

$$= 0,056 \text{ m/s}$$

Jadi hasil perhitungan dari *coding* pada periode tersebut sebesar 0,056 m/s

```

71 void loop() {
72   Blynk.run();
73   Sample++;
74
75   float temp = bmp280.readTemperature();
76   float pressure = (bmp280.readPressure() / 100);
77
78   Serial.print("Temperature: ");
79   Serial.print(temp, 1);
80   Serial.println("°C");
81
82   Serial.print("Pressure: ");
83   Serial.print(pressure, 1);
84   Serial.println("hPa");
85
86   lcd.setCursor(0, 0);
87   lcd.print("Temp: " + String(temp) + "°C");
88   lcd.setCursor(0, 1);
89   lcd.print("Pres: " + String(pressure) + "hPa");
90
91   lcd.setCursor(0, 1);
92   lcd.print("Speed: " + String(speedwind) + "[m/s]");
93
94   Blynk.virtualWrite(V0, temp);
95   Blynk.virtualWrite(V1, pressure);
96   Blynk.virtualWrite(V2, speedwind);
97
98   sendDataToGoogleSheets(temp, pressure, speedwind);
99 }

```

Gambar 4. 13 Pemrograman tampilan LCD, monitor Blynk, dan *Google Spreadsheets*.

Pada gambar 4.13 merupakan pemrograman perintah untuk mengirim data nilai hasil pengukuran ke LCD, monitor Blynk, dan *Google Spreadsheets*. Variabel monitor Blynk untuk suhu diinisialkan V0, tekanan udara adalah V1, dan aliran udara (*air flow*) adalah V2.

```

112 if (temp > 30) {
113   Serial.println("Temperature exceeded 30°C! Sending notification..");
114   Blynk.logEvent("high_temperature", "Temperature exceeded 30°C!");
115 } else {
116   Serial.println("Temperature below 30°C. No notification.");
117 }

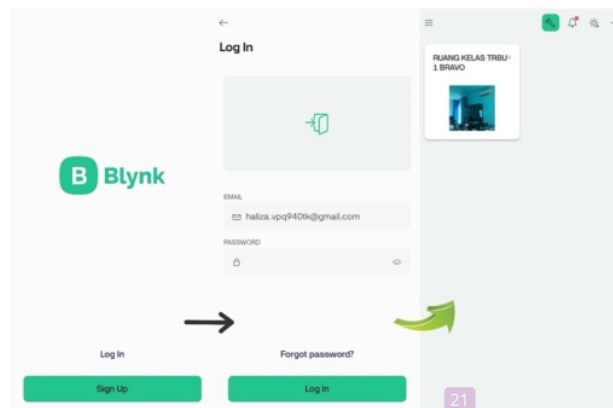
```

Gambar 4. 14 Pemrograman set alarm notifikasi

Pada gambar 4.14 merupakan pemrograman untuk set alarm notifikasi. Dengan adanya pemrograman ini, alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) dapat mengirim sinyal ke server Blynk jika suhu yang terbaca melebihi 30°C.

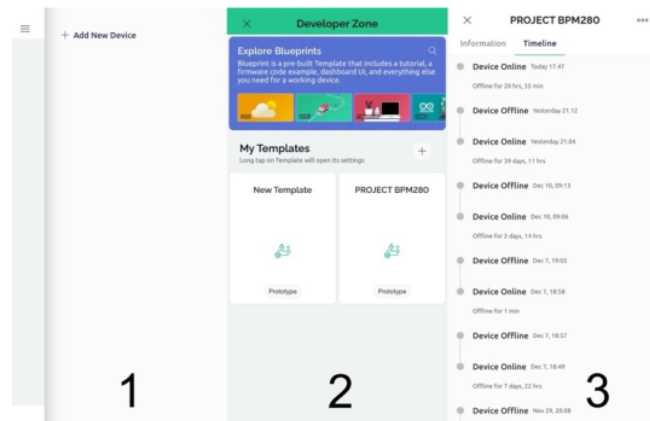
## 2) Aplikasi Blynk

Langkah pertama dalam penggunaan alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) adalah dengan mengunduh aplikasi Blynk. Setelah instalasi, Langkah selanjutnya adalah *log in* dan masukkan *password* akun yang telah di daftarkan.



Gambar 4. 15 Langkah penggunaan server Blynk

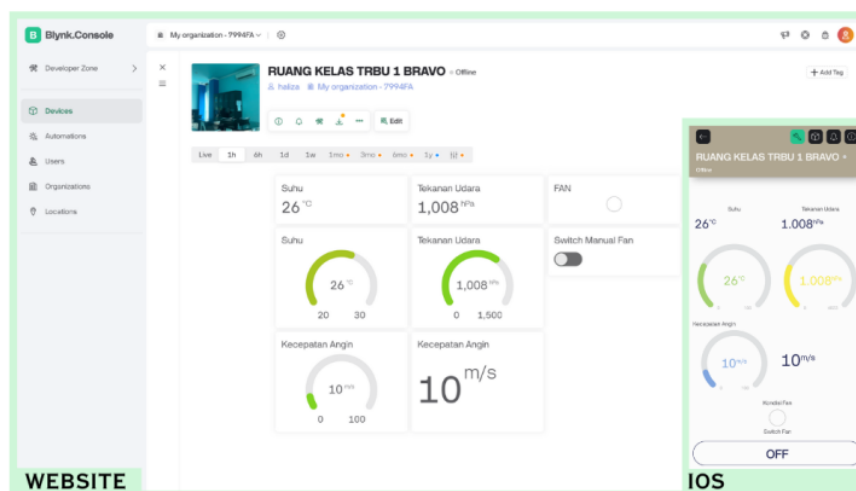
Setelah selesai membuat akun dan verifikasi email, langkah berikutnya adalah *login* pada aplikasi Blynk. Pada gambar di atas tampilan dari aplikasi Blynk yang sudah ada perangkat terhubung. Jika belum ada perangkat yang belum terhubung atau ingin menambahkan perangkat lain beserta dengan fitur riwayat perangkat yang terhubung (*Timeline*), maka tampilan pada aplikasi seperti di bawah ini.



Gambar 4. 16 Fitur Aplikasi Blynk (IOS)

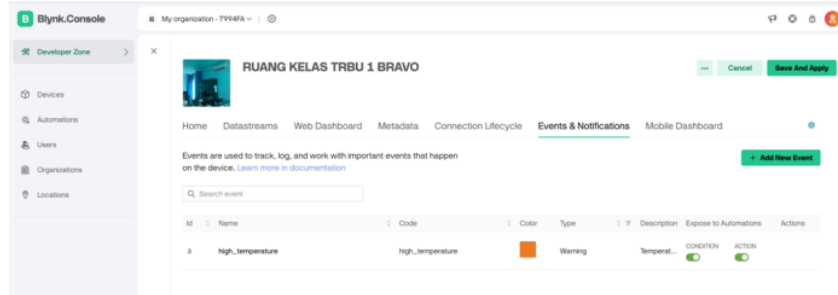
Pada gambar 4.16 ditampilkan beberapa fitur Blynk. Nomor 1 yaitu *Add New Device* jika ingin ada penambahan perangkat yang ingin di monitor, lalu pilih *quickstart device*, setelah itu pilih *hardware koneksi yang ingin digunakan seperti ESP-32 dan Wi-Fi yang akan digunakan untuk IoT*. Nomor 2 yaitu pengaturan *templates* yang dapat dirancang dengan berbagai fitur *widget*. Nomor 3 yaitu *timeline* atau riwayat waktu aktif perangkat tersebut.

Jika alat *Automatic Temperature Monitoring (ATM)* sudah terhubung dengan *Wi-fi*, maka otomatis pada *website* maupun aplikasi Blynk, akan menampilkan hasil pengukuran yang sesuai dengan tampilan pada LCD. Berikut di bawah ini adalah tampilan hasil pengukuran alat pada *website* dan aplikasi Blynk.



Gambar 4. 17 Tampilan Blynk Dekstop dan Mobile

Pada gambar 4.17 merupakan tampilan nilai hasil pengukuran alat *Automatic Temperature Monitoring (ATM)* di server Blynk. Dari gambar tersebut terbaca nilai pengukuran suhu, tekanan udara dan aliran udara (*air flow*) yang sesuai antara Blynk *website* dan iOS.



Gambar 4. 18 Alarm Notifikasi Blynk

Sesuai dengan perencanaan setelah revisi awal, terdapat fitur tambahan yaitu alarm notifikasi pada Blynk. Alarm tersebut muncul apabila terbaca suhu yang melebihi 30°C. Hal ini berdasar dengan standar tingkatan temperatur nyaman untuk orang Indonesia SNI ISO 9001:2015 yaitu pada kategori sejuk nyaman pada 25°C sampai 30°C.

### 3) Collect Data Google Spreadsheets

	A	B	C	D	E	F	G
1	Timestamp	Temperature	Pressure	Wind Speed			
2	16/06/2024 5:10:44	33.01	1006.47	0.00			
3	17/06/2024 5:10:44	27.50	1011.91	8.37			
4	18/06/2024 5:10:44	27.64	1011.89	14.93			
5	19/06/2024 5:10:44	27.69	1011.89	23.52			
6	20/06/2024 5:10:44	27.74	1011.92	1.13			
7	21/06/2024 5:10:44	27.79	1011.96	0.00			
8	22/06/2024 5:10:44	27.84	1011.95	0.17			
9	23/06/2024 5:10:44	28.30	1011.99	0.00			
10	24/06/2024 5:10:44	28.43	1011.99	0.00			
11	25/06/2024 5:10:44	28.06	1008.84	1.75			
12	26/06/2024 5:10:44	28.13	1008.83	3.28			
13	27/06/2024 5:10:44	28.14	1008.80	1.47			
14	28/06/2024 5:10:44	28.16	1008.80	6.16			
15	29/06/2024 5:10:44	28.20	1008.79	2.49			
16	30/06/2024 5:10:44	28.23	1008.74	0.00			
17	01/07/2024 5:10:44	28.27	1008.76	0.00			
18	02/07/2024 5:10:44	28.31	1008.75	0.00			

Gambar 4. 19 Tampilan *Google Spreadsheets*

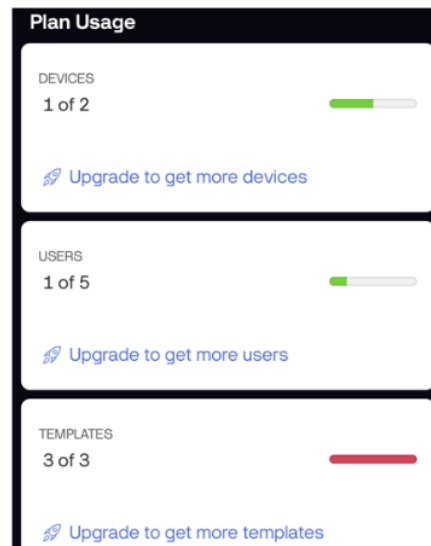
Pada gambar 4.19 merupakan tampilan nilai hasil pengukuran alat *Automatic Temperature Monitoring (ATM)* di *Google Spreadsheets*. Setiap perubahan nilai angka yang terbaca pada saat pengukuran akan didata pada *Google Spreadsheets* lengkap dengan



waktu perubahannya. Kekurangan pada *Google Spreadsheets* ini yaitu memiliki *limit* dalam penyimpanan data pengukuran. Karena itu data perlu disimpan dan dikosongkan kembali setiap harinya untuk diperbarui nilai pengukuran selanjutnya (Budi dkk., 2022).

#### 8. Revisi Produk Akhir

Saran yang didapat dari validator yaitu meng-*upgrade* server Blynk yaitu dengan menambahkan jumlah *devices*, *users*, dan beberapa fitur lainnya guna mengembangkan kapabilitas untuk pengimplementasian alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) diruangan terminal Bandara Hang Nadim Batam.



Gambar 4. 20 Status Fitur *Free* Aplikasi Blynk

Saat ini peneliti hanya menggunakan fitur gratis yang disediakan Blynk karena keterbatasan biaya. *Upgrade* fitur pada Blynk sangat dibutuhkan dalam pemeliharaan preventif monitoring suhu dan aliran udara (*air flow*) karena akan banyak teknisi (*users*) yang akan menggunakan akun tersebut dan juga alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) yang akan dibutuhkan banyak perangkat di setiap ruangan terminal Bandara Hang Nadim Batam.

## B. Pembahasan

### 1. Rangkaian

Sensor BMP280 digunakan untuk mengukur suhu dan tekanan udara yang mampu mengukur suhu dari  $-40^{\circ}\text{C}$  hingga  $+85^{\circ}\text{C}$ , dengan akurasi hingga  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Sensor anemometer yang digunakan untuk pengukuran aliran udara (*air flow*) adalah jenis sensor mekanis yang menggunakan baling-baling yang dihitung berdasarkan putaran baling baling tersebut. Baling-baling yang digunakan pada alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) dibuat menggunakan *software Computer Aided Design* (CAD) untuk menggambar desain 3D, yang kemudian setelah itu di cetak dengan mesin *3D Printing*. Desain baling-baling tersebut mengalami perubahan guna menyempurnakan alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM).

Bentuk baling-baling pada uji coba awal berdiameter 3 cm dan tebal 2 mm, Dikarenakan bentuk awal tersebut berisiko menghambat pengukuran akibat beratnya yang tidak bisa diputar oleh aliran udara (*air flow*) pada supply AC *Central*, maka dari itu penulis merancang desain baling-baling baru dengan ukuran diameter 8 cm dan tebal 1 mm. Pada alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM), mikrokontroler ESP-32 diprogram menggunakan Arduino IDE (Pratama dkk., 2023). Mikrokontroler ESP-32 merupakan penerus dari ESP8266 yang menawarkan performa yang lebih tinggi serta lebih banyak fitur.

### 2. Pemrograman Perangkat Lunak

Pemrograman untuk menjalankan alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) disimpan pada mikrokontroler ESP-32. Penggunaan alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) dioperasikan dengan *Wi-Fi* dengan menyesuaikan *ssid* dan *password* yang terdapat pada kode pemrograman yang telah dimasukkan kedalam mikrokontroler ESP-32.

### 3. Alat

Alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) dirancang untuk memudahkan personel unit mekanikal dalam pemeliharaan preventif AC

*Central* pada ruangan terminal Bandara Internasional Hang Nadim Batam. Faktor utama peneliti merancang alat tersebut karena dalam pelaksanaan kegiatan pemeliharaan *preventive monitoring* suhu dan *air flow* di seluruh ruangan terminal, personel unit mekanikal masih menggunakan cara konvensional yaitu dengan mengukur langsung ke total 37 titik ruangan. Dengan menggunakan alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) yang berbasis IoT (*Internet of Things*) ini, personel mekanikal dapat memonitoring suhu dan *air flow* seluruh ruangan terminal Bandara Internasional Hang Nadim Batam secara otomatis dengan server Blynk melalui *desktop* atau *mobile*. Dalam pengimplementasian alat tersebut perlu diperbanyak sesuai dengan jumlah ruangan yang ingin di monitor. *Upgrade* fitur pada Blynk juga dibutuhkan untuk menambah limit *users* yang akan menggunakan akun tersebut.

#### 4. Cara Kerja Alat

Cara kerja alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) yang pertama adalah *start*, kemudian dihubungkan dengan koneksi *Wi-Fi* sesuai dengan *ssid* dan *password* pada kode pemrograman yang telah disimpan di mikrokontroler ESP-32. Jika sudah terhubung dengan *Wi-Fi*, sensor BMP280 dan sensor Anemometer akan mengukur suhu dan aliran udara (*air flow*). Setelah didapat hasil nilai pengukuran, secara bersamaan data tersebut akan dikirimkan ke LCD, server Blynk, dan *google sheets* melalui mikrokontroler ESP-32 berupa data digital. Hasil data nilai pengukuran suhu dan aliran udara (*air flow*) telah diperoleh, maka alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) dapat digunakan (*finish*). Pada server Blynk apabila terdeteksi suhu yang lebih dari 30°C, alarm notifikasi aplikasi Blynk akan muncul.

## SIMPULAN DAN SARAN

## A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka simpulan yang dapat disajikan sebagai berikut:

1. Alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) berhasil dikembangkan untuk menyempurnakan kinerja alat sebelumnya sebagai alat monitoring temperatur ruangan otomatis berbasis IoT di Bandara Hang Nadim Batam. Terdapat empat *point* pengembangan. Pertama, membentuk fisik alat menjadi lebih rapi dan *compact* sehingga memudahkan dalam pemasangan dan menambah nilai estetika. Kedua, mengganti baling-baling sensor anemometer dari ukuran diameter 3 cm dan tebal 2 mm menjadi diameter 8 cm dan tebal 1 mm, sehingga pembacaan aliran udara (*air flow*) dapat maksimal. Ketiga, membuat alarm notifikasi pada aplikasi Blynk agar mempercepat respon dari teknisi untuk tindakan. Keempat, memanfaatkan *google spreadsheets* untuk *collect* data secara otomatis.
2. Nilai perbandingan dari hasil monitoring pengukuran temperatur yang otomatis dengan yang konvensional terukur akurasi sebesar 99,978% dengan presentase *error* 0,022%.

## B. Saran

Dari penelitian perancangan yang telah dikemukakan, penyusun memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penggunaan alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) pada pengukuran sensor anemometer di ruangan terminal Bandara Internasional Hang Nadim Batam, agar dapat diukur sesuai dengan jumlah titik *supply AC Central* sehingga pengukuran pada suatu ruangan dapat dengan mudah ditemukan apabila titik *supply AC Central* yang tidak terdapat aliran udara (*air flow*).

2. Fitur pada alat *Automatic Temperature Monitoring* (ATM) agar dapat dikembangkan dan implementasikan di ruangan terminal Bandara Internasional Hang Nadim Batam.

## ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

13%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	3%
2	smart.stmikplk.ac.id Internet Source	2%
3	docplayer.info Internet Source	1%
4	www.batamnews.co.id Internet Source	1%
5	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	1%
6	core.ac.uk Internet Source	<1%
7	jurnal.polsri.ac.id Internet Source	<1%
8	www.scribd.com Internet Source	<1%
9	repository.radenintan.ac.id Internet Source	<1%

10	<a href="https://repository.usd.ac.id">repository.usd.ac.id</a> Internet Source	<1 %
11	Submitted to Jabatan Pendidikan Politeknik Dan Kolej Komuniti Student Paper	<1 %
12	<a href="https://jurnal.sttkd.ac.id">jurnal.sttkd.ac.id</a> Internet Source	<1 %
13	Rachmat - Iskandar. "Roket, Model Simulink,Arduino Perancangan Model Sistem Koreksi Gerak Roket Menggunakan Arduino Rocket Flight Computer", Jurnal Teknologi Informasi Indonesia (JTII), 2024 Publication	<1 %
14	<a href="https://eprints.uny.ac.id">eprints.uny.ac.id</a> Internet Source	<1 %
15	<a href="https://repository.ub.ac.id">repository.ub.ac.id</a> Internet Source	<1 %
16	<a href="https://digilib.uinsby.ac.id">digilib.uinsby.ac.id</a> Internet Source	<1 %
17	<a href="https://idoc.pub">idoc.pub</a> Internet Source	<1 %
18	<a href="https://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet Source	<1 %
19	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	<1 %

20	<a href="http://text-id.123dok.com">text-id.123dok.com</a> Internet Source	<1 %
21	Submitted to unmuhjember Student Paper	<1 %
22	<a href="http://repository.unpas.ac.id">repository.unpas.ac.id</a> Internet Source	<1 %
23	Submitted to University of Durham Student Paper	<1 %
24	<a href="http://repository.metrouniv.ac.id">repository.metrouniv.ac.id</a> Internet Source	<1 %
25	<a href="http://securityphresh.com">securityphresh.com</a> Internet Source	<1 %
26	<a href="http://timmtimmy.wordpress.com">timmtimmy.wordpress.com</a> Internet Source	<1 %
27	Submitted to Universitas Muria Kudus Student Paper	<1 %
28	<a href="http://gf.itb.ac.id">gf.itb.ac.id</a> Internet Source	<1 %
29	<a href="http://inba.info">inba.info</a> Internet Source	<1 %
30	Submitted to Christian University of Maranatha Student Paper	<1 %
31	Submitted to Universitas Negeri Semarang	



<1 %

32

[garuda.kemdikbud.go.id](http://garuda.kemdikbud.go.id)

Internet Source

<1 %

33

Submitted to Universitas Pendidikan  
Indonesia

Student Paper

<1 %

34

[ojs.balitbanghub.dephub.go.id](http://ojs.balitbanghub.dephub.go.id)

Internet Source

<1 %

35

Submitted to Udayana University

Student Paper

<1 %

36

[eprints.umm.ac.id](http://eprints.umm.ac.id)

Internet Source

<1 %

37

[moam.info](http://moam.info)

Internet Source

<1 %

38

[repository.uinbanten.ac.id](http://repository.uinbanten.ac.id)

Internet Source

<1 %

39

[openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id](http://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id)

Internet Source

<1 %

40

[repository.iainpalopo.ac.id](http://repository.iainpalopo.ac.id)

Internet Source

<1 %

41

[repository.unad.edu.co](http://repository.unad.edu.co)

Internet Source

<1 %

42

[repository.unhas.ac.id](http://repository.unhas.ac.id)

Internet Source

<1 %

43

[www.coursehero.com](http://www.coursehero.com)

Internet Source

<1 %

44

[daftaragenjudipokeronline.com](http://daftaragenjudipokeronline.com)

Internet Source

<1 %

45

[eprints.ums.ac.id](http://eprints.ums.ac.id)

Internet Source

<1 %

46

[ojs.unud.ac.id](http://ojs.unud.ac.id)

Internet Source

<1 %

47

[patents.patsnap.com](http://patents.patsnap.com)

Internet Source

<1 %

48

[repositori.uin-alauddin.ac.id](http://repositori.uin-alauddin.ac.id)

Internet Source

<1 %

49

[widuri.raharjo.info](http://widuri.raharjo.info)

Internet Source

<1 %

50

Agistya Ananda Charisa, Bedjo Utomo, Syaifudin Syaifudin. "Incubator Analyzer Portabel Berbasis Pemrograman Visual Dilengkapi Penyimpanan ke Sd Card", Jurnal Teknokes, 2019

Publication

<1 %

51

Sitti Subekti. "Pemenuhan Kualitas Pelayanan Di Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman Ende Untuk Meningkatkan Kepuasan

<1 %

# Penumpang", Warta Penelitian Perhubungan, 2016

Publication

---

---

Exclude quotes      Off

Exclude matches      Off

Exclude bibliography      Off

# TR01B\_HalizaAlincia (SIMILARITY TUGAS AKHIR).pdf

---

PAGE 1

---

PAGE 2

---

PAGE 3

---

PAGE 4

---

PAGE 5

---

PAGE 6

---

PAGE 7

---

PAGE 8

---

PAGE 9

---

PAGE 10

---

PAGE 11

---

PAGE 12

---

PAGE 13

---

PAGE 14

---

PAGE 15

---

PAGE 16

---

PAGE 17

---

PAGE 18

---

PAGE 19

---

PAGE 20

---

PAGE 21

---

PAGE 22

---

PAGE 23

---

PAGE 24

---

PAGE 25

---

PAGE 26

---

PAGE 27

---

PAGE 28

---

PAGE 29

---

PAGE 30

---

PAGE 31

---

PAGE 32

---

PAGE 33

---

PAGE 34

---

PAGE 35

---

PAGE 36

---

PAGE 37

---

PAGE 38

---

PAGE 39

---

PAGE 40

---

PAGE 41

---

PAGE 42

---

PAGE 43

---

PAGE 44

---

PAGE 45

---

PAGE 46

---

PAGE 47

---

PAGE 48

---

PAGE 49

---

PAGE 50

---

PAGE 51

---

PAGE 52

---

PAGE 53

---

PAGE 54

---

PAGE 55

---

PAGE 56

---