

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Pada bab metode penelitian ini, menjelaskan jenis, desain, dan pendekatan penelitian yang digunakan, serta tahapan pelaksanaannya.

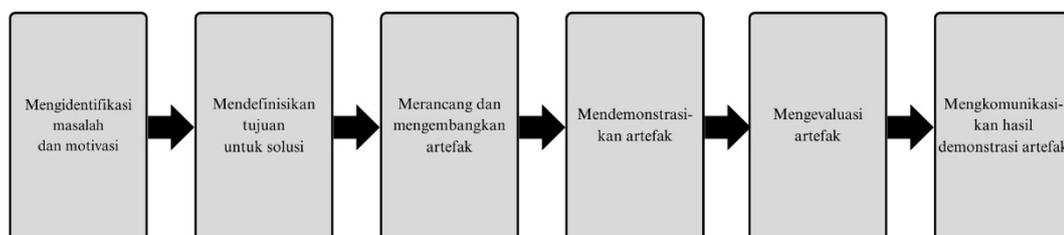
#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan pada penyusunan penelitian ini adalah *Research and Development (R&D)*. *Research and Development (R&D)* adalah suatu proses kajian sistematis untuk mengembangkan dan memvalidasi suatu produk yang digunakan dalam pendidikan. Beberapa ahli mendefinisikan R&D sebagai suatu pengkajian sistematis terhadap pendesainan, pengembangan dan pengevaluasian program, serta proses dan produk pembelajaran yang harus memenuhi kriteria validitas, kepraktisan, dan efektifitas. Produk yang diciptakan atau dikembangkan dapat berupa bahan pembelajaran, media pembelajaran, dan sistem pengelolaan dalam pembelajaran. Hasil dari jenis penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengembangan suatu produk yang sudah ada, melainkan juga untuk menemukan solusi dari permasalahan tertentu (Pertiwi et al., 2023).

Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah pendekatan gabungan dari kuantitatif dan kualitatif (*mixed methods*). Pendekatan kuantitatif digunakan dalam proses pengumpulan dan analisis data dari pembacaan dan kalibrasi sensor suhu, pengujian sistem dengan menggunakan *Black Box Testing*, dan pengukuran kepuasan pengguna dengan menggunakan *System Usability Scale (SUS)*. Pendekatan kualitatif digunakan dalam proses observasi dan diskusi untuk menggali lebih dalam mengenai permasalahan yang dihadapi dan kebutuhan yang diinginkan dari sistem digitalisasi. Alasan dipilihnya pendekatan ini untuk dapat memberikan pemahaman yang menyeluruh terhadap proses perancangan dan evaluasi sistem yang dikembangkan. Dengan menggabungkan pendekatan kuantitatif dan kualitatif, penulis dapat mengevaluasi performa sistem secara objektif dan memahami kebutuhan pengguna secara mendalam.

### 3.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan dalam sistem pada penelitian ini adalah *Design Science Research Methodology* (DSRM). *Design Science Research Methodology* (DSRM) adalah suatu pendekatan penelitian yang berfokus pada proses menciptakan dan mengevaluasi sebuah solusi teknologi informasi yang inovatif untuk memecahkan suatu permasalahan yang relevan dan belum terpecahkan. Pendekatan ini memiliki tujuan untuk mengembangkan solusi teknologi informasi yang praktis dan dapat diimplementasikan dengan mengintegrasikan aspek desain dan ilmu pengetahuan. Menurut Peffers dkk, terdapat 6 tahapan utama yang telah disempurnakan pada pendekatan ini, yaitu “a) *Problem identification and motivation*; b) *Definition of the objectives for a solution*; c) *Design and development*; d) *Demonstration*; e) *Evaluation*; and f) *Communication*.”. Berdasarkan pendapat tersebut, dapat diartikan bahwa 6 tahapan utama pada pendekatan ini adalah mengidentifikasi masalah dan motivasi, mendefinisikan tujuan untuk solusi, merancang dan mengembangkan artefak, mendemonstrasikan artefak, mengevaluasi artefak, dan mengkomunikasikan hasil demonstrasi artefak, sebagaimana yang tertera pada Gambar 3.1 berikut:



**Gambar 3. 1** Tahapan Utama Design and Development

Berdasarkan diagram pada Gambar 3.1 di atas, berikut adalah 6 tahapan utama dalam Desain Penelitian DSRM:

#### 3.2.1 Mengidentifikasi Masalah dan Motivasi

Mengidentifikasi masalah dan motivasi merupakan suatu proses mendasar dalam sebuah penelitian, peneliti harus mengetahui permasalahan apa yang ingin diselesaikan dengan adanya produk yang dikembangkan.

### 3.2.2 Mendeskripsikan Tujuan untuk Solusi

Mendeskripsikan tujuan untuk solusi merupakan suatu proses pendukung dalam menyelesaikan masalah yang diangkat pada sebuah penelitian, peneliti harus menentukan tujuan yang ingin dicapai dengan adanya produk yang dikembangkan.

### 3.2.3 Merancang dan Mengembangkan Artefak

Merancang dan mengembangkan artefak merupakan suatu proses penting dalam mewujudkan tujuan yang ingin dicapai pada sebuah penelitian, peneliti harus memahami kebutuhan dan permasalahan yang dihadapi, serta memahami secara mendalam mengenai hal apa yang menjadi latar belakang dikembangkannya produk tersebut dan bagaimana produk tersebut dapat menyelesaikan permasalahan yang dihadapi.

### 3.2.4 Mendemonstrasikan Artefak

Mendemonstrasikan artefak merupakan suatu proses penting dalam menentukan keberhasilan dari sebuah produk yang dikembangkan, peneliti harus memastikan bahwa produk yang dikembangkannya dapat berfungsi sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan sebelumnya, serta memastikan bahwa produk yang dikembangkan mampu menyelesaikan permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya.

### 3.2.5 Mengevaluasi Artefak

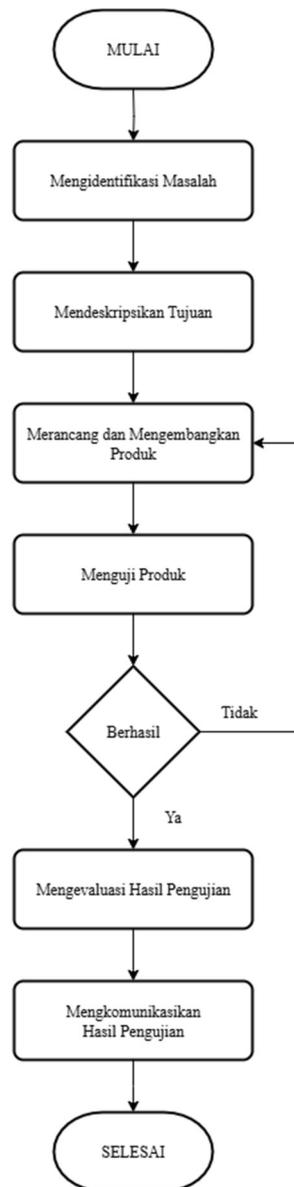
Mengevaluasi artefak merupakan suatu proses penting dalam menilai keberhasilan dari sebuah produk yang dikembangkan, peneliti harus mampu menilai sejauh mana produk yang dikembangkan dapat memenuhi kebutuhan dan menyelesaikan permasalahan yang dihadapi.

### 3.2.6 Mengkomunikasikan Hasil Demonstrasi Artefak

Mengkomunikasikan hasil demonstrasi artefak merupakan suatu proses akhir dalam sebuah penelitian, peneliti harus menyampaikan hasil dan temuan dari produk yang telah dikembangkan secara jelas dan sistematis kepada pihak terkait.

### 3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut:



**Gambar 3. 2** Flowchart Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.2 di atas, prosedur penelitian pada penelitian ini menggunakan model *Design and Development* (D&D), berikut adalah penjelasannya:

### 3.3.1 Mengidentifikasi Masalah

Pada penelitian ini, penulis mengangkat masalah mengenai tingginya biaya bahan baku untuk proses pencatatan data suhu pada *coldbox* di PT Dirgantara Indonesia. Hal ini terjadi karena bahan baku yang digunakan merupakan kertas dan tinta khusus yang diimpor dari luar negeri. Selain itu, ketersediaan stok bahan baku juga perlu dipastikan agar tidak berisiko mengganggu proses pencatatan data suhu apabila terjadi keterlambatan pengiriman. Oleh karena itu, hal tersebut penulis anggap penting untuk meningkatkan efisiensi operasional dalam proses pencatatan data suhu dengan cara mendigitalisasi proses pencatatan tersebut. Upaya digitalisasi ini juga merupakan bagian dari transformasi digital perusahaan dalam menghadapi tantangan revolusi industri 4.0.

### 3.3.2 Mendeskripsikan Tujuan

Penulis merancang dan mengembangkan sebuah sistem berbasis Internet of Things (IoT) yang memungkinkan proses pemantauan dan pencatatan suhu pada *coldbox* di PT Dirgantara Indonesia dapat dilakukan dari jarak jauh secara *real-time*. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk menggantikan proses pencatatan sebelumnya.

### 3.3.3 Merancang dan Mengembangkan Produk

Penulis merancang dan mengembangkan sistem pencatatan dan pemantauan suhu pada *coldbox* di PT Dirgantara Indonesia dengan dua tahapan, yaitu tahap perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Penulis memulai dengan perancangan perangkat keras terlebih dahulu, yaitu dengan mendesain arsitektur sistem, *block diagram* sistem, dan *flowchart* sistem. Setelah itu, penulis mulai memasang perangkat keras yang akan digunakan sesuai dengan rancangan yang telah ditentukan dan memastikan bahwa proses pemantauan dan pencatatan suhu sudah berhasil. Selanjutnya, penulis beralih ke perancangan perangkat lunak, penulis mulai mendesain antarmuka berbasis *Website*. Setelah itu, penulis memprogram *Website* sesuai dengan rancangan yang telah ditentukan dan memastikan bahwa fitur *Website* sudah berjalan dengan lancar.

### 3.3.4 Menguji Produk

Penulis menguji sistem pemantauan dan pencatatan suhu pada *coldbox* di PT Dirgantara Indonesia dengan beberapa metode, yaitu pengujian kalibrasi dan akurasi sensor suhu. Penulis memulai dengan melakukan kalibrasi terhadap ketiga sensor suhu Termokopel tipe T yang digunakan dengan membandingkan pembacaan suhu dari ketiga sensor dengan pembacaan suhu dari alat ukur suhu referensi. Lalu, penulis memeriksa akurasi pembacaan suhu dari ketiga sensor untuk memastikan bahwa pembacaan tersebut sudah tepat sesuai dengan pembacaan aktual pada *recorder*. Semua ini untuk memastikan bahwa data suhu dapat dikirim, disimpan, dan ditampilkan secara *real-time* dengan lancar. Selain itu, pengujian juga mencakup evaluasi waktu respon sistem untuk dapat menilai kemampuan sistem dalam merespon perubahan suhu secara cepat dan tepat.

### 3.3.5 Mengevaluasi Hasil Pengujian

Pada tahap ini, hasil pengujian yang telah dilakukan dianalisis untuk dapat dievaluasi performa sistem yang diciptakan atau dikembangkan. Hal ini dilakukan untuk menilai apakah produk yang dikembangkan sudah sesuai dengan tujuan penelitian atau tidak. Evaluasi dilakukan berdasarkan hasil *Functional Suitability Testing* dan *Usability Testing*, serta hasil analisis data sensor. Jika ditemukan ketidaksesuaian pada pengujian ini, maka akan dilakukan identifikasi terhadap bagian dari sistem yang perlu diperbaiki, beserta penyebabnya. Evaluasi ini tidak hanya menilai dari aspek teknis, melainkan juga dari aspek pengalaman pengguna sebagai indikator keberhasilan sistem.

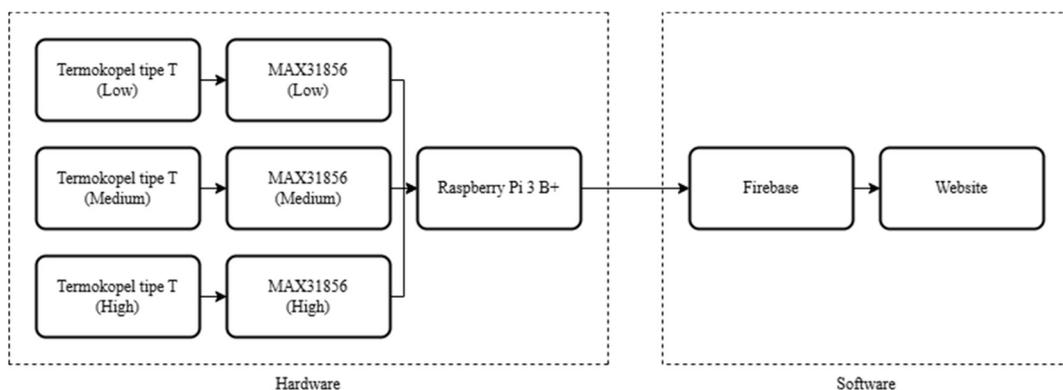
### 3.3.6 Mengkomunikasikan Hasil Pengujian

Hasil analisis data kemudian akan disusun untuk selanjutnya akan dilaporkan sebagai laporan tertulis skripsi dan dikomunikasikan dalam sidang skripsi di hadapan dosen penguji. Dalam proses komunikasi hasil analisis data ini nantinya akan memuat berbagai informasi mengenai penelitian yang telah dilakukan. Informasi tersebut meliputi proses perancangan dan pengembangan produk, kontribusi produk yang dikembangkan dalam penelitian, dan kesesuaian antara produk yang dikembangkan dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

Oleh karena itu, penyusunan laporan dan presentasi hasil perlu dilakukan secara objektif dan disampaikan secara jelas. Tahap ini merupakan tahap akhir yang krusial dalam proses penelitian, karena tahap ini menentukan apakah sistem yang dirancang dan dikembangkan dapat diakui secara akademik.

### 3.4 Deskripsi Umum Sistem

Sistem yang dirancang dan dikembangkan pada penelitian ini adalah sistem berbasis IoT yang memungkinkan proses pemantauan dan pencatatan suhu pada *coldbox* di PT Dirgantara Indonesia secara digital. Sistem ini dirancang untuk dapat melakukan pemantauan dan pencatatan suhu dari jarak jauh secara real-time melalui antarmuka *Website*, serta dapat memberikan peringatan apabila terjadi penyimpangan suhu dari batas normal yang telah ditentukan, sebagai bentuk deteksi anomali berbasis rule-based. Fokus utama dari sistem ini adalah menyajikan informasi suhu secara sistematis, komprehensif, dan mudah diakses, serta memberikan peringatan apabila terjadi penyimpangan suhu di luar batas yang telah ditentukan. Untuk memberikan pemahaman menyeluruh mengenai cara kerja sistem, berikut disajikan gambaran umum melalui arsitektur sistem, *block diagram* sistem, dan *flowchart* sistem. Rancangan arsitektur sistem pada sistem ini sebagai berikut:



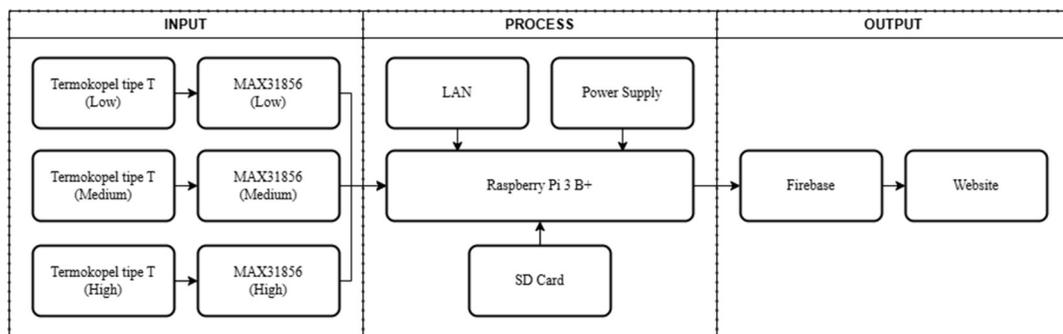
**Gambar 3.3** Arsitektur Sistem

Berdasarkan Gambar 3.3 di atas, arsitektur sistem pada sistem ini terdiri dari dua bagian, yaitu bagian *Hardware* (perangkat keras) dan *Software* (perangkat lunak). Pada bagian hardware, terdapat tiga sensor suhu Termokopel tipe T, yaitu

sensor untuk bagian *low*, *medium*, dan *high*. Sensor bagian *low*, ditujukan untuk sensor yang terhubung dengan panel *set point* (nilai acuan), dan dari panel set point baru dihubungkan ke *recorder*. Lalu, sensor bagian *medium*, ditujukan untuk sensor yang terhubung langsung ke *recorder*. Selanjutnya, sensor bagian *high*, ditujukan untuk sensor yang terhubung dengan panel *safety* (nilai batas aman), dan dari panel safety baru dihubungkan ke *recorder*.

Sistem ini juga terdiri dari tiga konverter MAX31856, sesuai dengan jumlah sensor suhu yang digunakan. Konverter digunakan untuk mengonversi sinyal analog dari sensor menjadi sinyal digital agar dapat dikirim dan dibaca oleh Raspberry Pi. Pusat kendali pada sistem ini adalah Raspberry Pi, jenis Raspberry Pi yang digunakan pada sistem ini adalah Raspberry Pi 3 B+. Raspberry Pi digunakan untuk menerima data suhu dari konverter dan memproses data suhu serta mengirimkan data suhu ke *Firebase*. Pada bagian software, terdapat *Firebase* yang digunakan untuk menyimpan data suhu dari Raspberry Pi, yang nantinya data suhu tersebut akan ditarik oleh *Website* untuk dapat ditampilkan secara *real-time*.

Untuk memberikan gambaran yang lebih terstruktur mengenai sistem ini, berikut adalah rancangan *block diagram* sistem pada sistem ini:



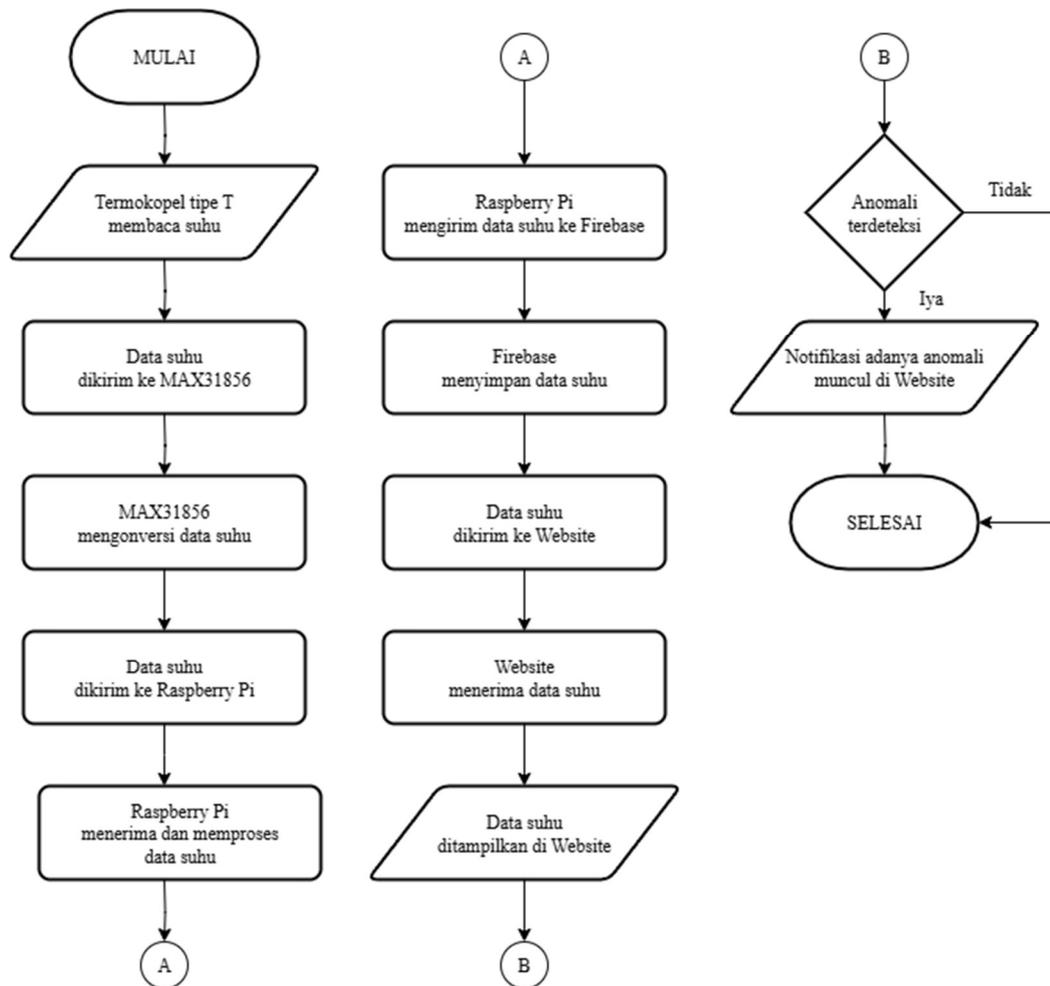
**Gambar 3.4** Block Diagram Sistem

Berdasarkan Gambar 3.4 di atas, *block diagram* sistem pada sistem ini terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian *input*, *process*, dan *output*. Pada bagian *input*, sistem menggunakan sensor suhu Termokopel tipe T untuk mengambil data suhu dari *recorder coldbox*. Data yang diambil oleh sensor ini berupa sinyal analog, yang kemudian akan diubah menjadi sinyal digital oleh Konverter MAX31856.

Konverter memastikan data suhu yang dikirimkan ke bagian *process* dapat diolah dengan format yang sesuai. Selanjutnya, pada bagian *process*, Raspberry Pi 3 B+ bertindak sebagai pusat pengolahan utama, Raspberry Pi menerima data suhu dari konverter, lalu memproses dan mengolahnya untuk dapat ditransmisikan lebih lanjut.

Raspberry Pi ini terhubung ke sumber daya melalui adaptor daya untuk mendukung kestabilan operasional dan jaringan LAN sebagai tahapan awal inisiasi untuk menghubungkan perangkat ke Raspberry Pi dan juga menghubungkannya dengan jaringan internet, serta dilengkapi dengan SD Card sebagai media penyimpanan sistem operasi. Dengan pengolahan data yang terpusat di Raspberry Pi, sistem dapat memastikan bahwa informasi suhu yang diterima sudah siap untuk dikirimkan ke bagian selanjutnya. Pada bagian *output*, data suhu yang telah diolah akan ditampilkan melalui *Website*. *Website* ini memungkinkan pengguna untuk dapat memantau data suhu *coldbox* secara *real-time* dan dari jarak jauh. Selain itu, notifikasi akan muncul secara otomatis apabila terdeteksi anomali suhu, sehingga pengguna dapat segera mengambil tindakan yang diperlukan untuk mencegah potensi kerusakan.

Untuk memberikan gambaran proses kerja sistem secara menyeluruh dan terstruktur, berikut adalah rancangan *flowchart* sistem pada sistem ini:



**Gambar 3.5** *Flowchart* Sistem

Berdasarkan Gambar 3.5 di atas, *flowchart* sistem pada sistem ini dimulai dengan tiga sensor suhu Termokopel tipe T yang ditempatkan di tiga titik berbeda di dalam *coldbox*. Ketiga sensor digunakan untuk membaca suhu ruang di dalam *coldbox*. Ketiga sensor masing-masing terhubung dengan konverter MAX31856. Pembacaan suhu dari sensor akan dikirim ke konverter untuk dikonversi pembacaan suhunya, yang awalnya berupa sinyal analog diubah menjadi sinyal digital agar dapat dikirim dan dibaca oleh Raspberry Pi. Proses konversi ini sangat penting, dikarenakan Raspberry Pi hanya dapat menerima input berupa sinyal digital,

sehingga dengan konverter ini, memungkinkan adanya komunikasi secara langsung antara sensor dengan Raspberry Pi.

Setelah proses konversi selesai, data suhu yang telah dikonversi akan dikirim ke Raspberry Pi untuk diproses lebih lanjut. Raspberry Pi mengolah data suhu untuk keperluan pemantauan dengan memastikan nilai suhu yang terbaca sesuai dengan nilai suhu yang aktual. Setelah proses pengolahan selesai, data suhu yang telah diolah akan dikirim ke *Firestore* untuk disimpan. *Firestore* menyimpan dan mengirimkan data suhu ke *Website* untuk keperluan pemantauan nantinya. Data suhu akan ditampilkan dan dianalisis oleh sistem untuk mendeteksi adanya anomali terhadap pembacaan suhu, sistem akan memberikan peringatan berupa notifikasi di *Website* apabila terdeteksi anomali terhadap pembacaan suhu.

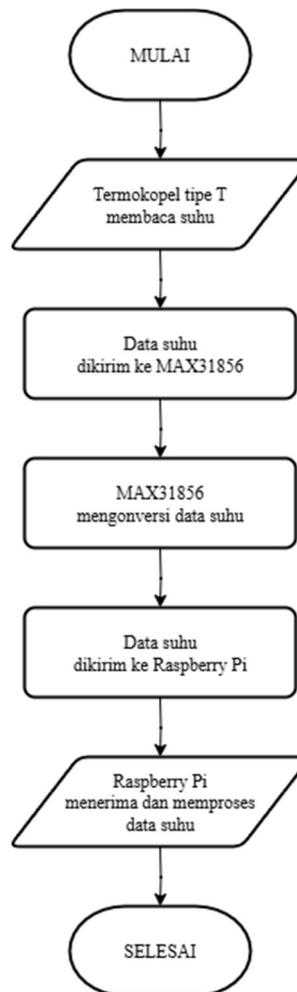
Dalam penelitian ini, terdapat rancangan skema *failover* untuk menjaga keandalan sistem, sehingga memungkinkan sistem dapat tetap beroperasi meskipun terjadi gangguan pada jaringan internet atau koneksi *Firestore*. Rancangan skema failover ini memanfaatkan mekanisme penyimpanan lokal sementara. Apabila Raspberry Pi gagal mengirim dan menyimpan data suhu ke *Firestore* karena terkendala jaringan internet, maka data suhu dapat disimpan secara lokal terlebih dahulu di SD Card yang terdapat di dalam Raspberry Pi. Kemudian, setelah jaringan internet kembali normal, data suhu yang sebelumnya disimpan di SD Card akan dikirim dan disimpan ke *Firestore*. Dengan adanya rancangan skema *failover* ini, sistem yang dikembangkan dapat lebih andal karena kontinuitas pencatatan suhu tetap terjaga meskipun terjadi gangguan pada jaringan internet atau koneksi *Firestore*.

### **3.5 Perancangan Perangkat Keras**

Perancangan perangkat keras yang dilakukan pada penelitian ini meliputi perancangan *flowchart* perangkat keras, skema rangkaian dan pemasangan perangkat keras, dan pemrograman perangkat keras.

### 3.5.1 *Flowchart* Perangkat Keras

Rancangan *flowchart* perangkat keras pada sistem ini sebagai berikut:



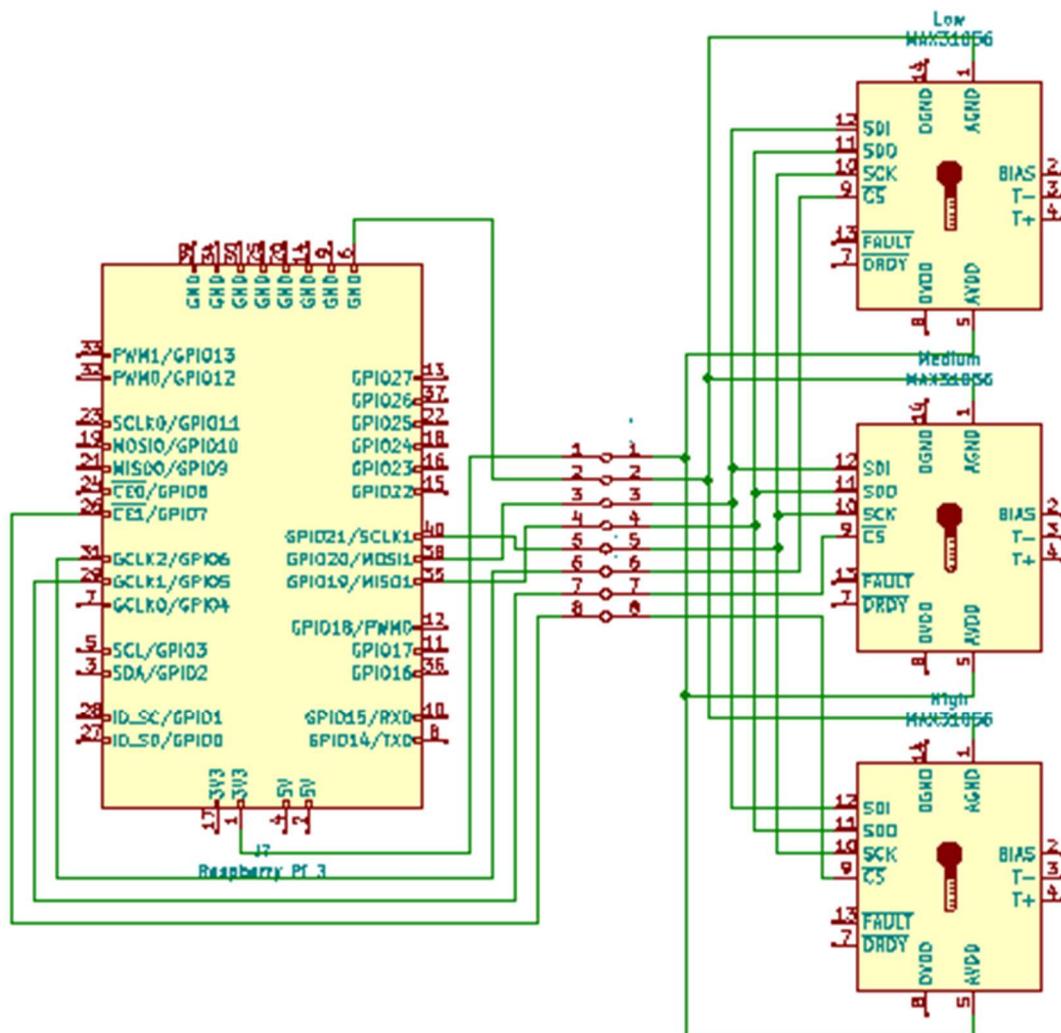
**Gambar 3. 6** *Flowchart* Perangkat Keras

Berdasarkan Gambar 3.6 di atas, *flowchart* perangkat keras pada sistem ini dimulai dengan ketiga sensor suhu Termokopel tipe T membaca suhu ruang di dalam *coldbox*. Ketiga sensor masing-masing terhubung dengan konverter MAX31856. Pembacaan suhu dari sensor akan dikirim ke konverter untuk dikonversi pembacaan suhunya, yang awalnya berupa sinyal analog diubah menjadi sinyal digital agar data dapat dikirim dan dibaca oleh Raspberry Pi. Data suhu yang telah dikonversi akan dikirim ke Raspberry Pi 3 B+ untuk diproses lebih lanjut.

Data suhu diproses untuk keperluan pencatatan dan pengiriman data ke sistem yang telah dirancang.

### 3.5.2 Skema Rangkaian dan Pemasangan Perangkat Keras

Rancangan skema rangkaian perangkat keras pada sistem ini sebagai berikut:

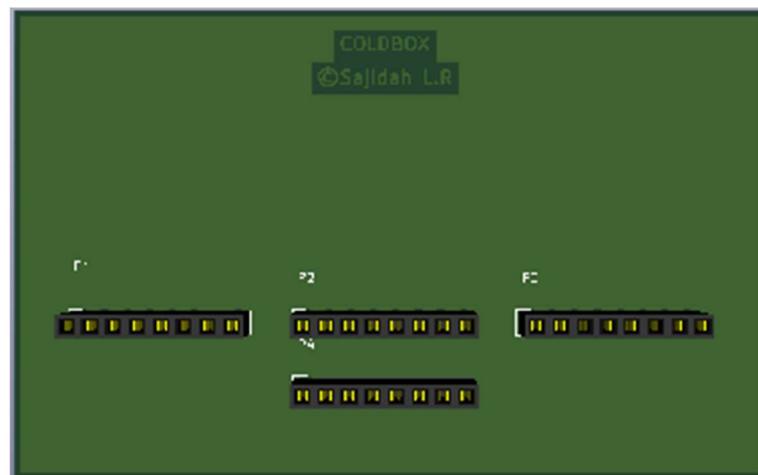


**Gambar 3. 7** Skema Rangkaian Perangkat Keras

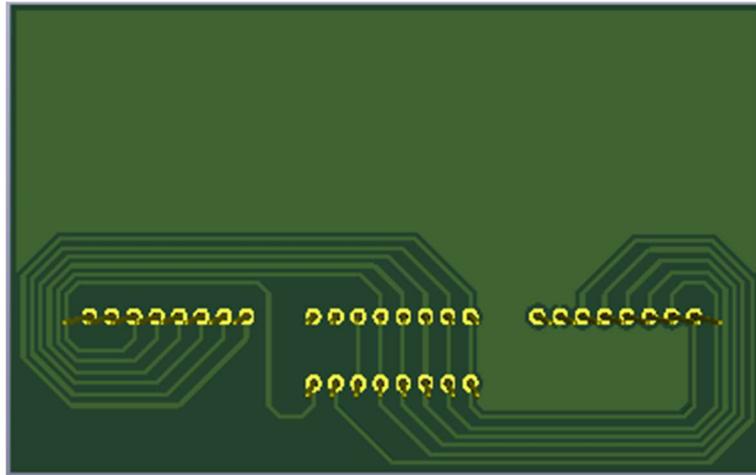
Berdasarkan Gambar 3.7 di atas, skema rangkaian perangkat keras pada sistem ini terdiri dari tiga sensor suhu Termokopel tipe T, sensor ini digunakan karena akurasi yang tinggi dalam pengukuran suhu rendah dengan rentang pembacaan suhu dari -200C hingga +350C. Hal itu menjadikan sensor suhu

Termokopel tipe T ini sesuai dengan kebutuhan penyimpanan part pesawat yang sensitif. Sensor suhu Termokopel tipe T memiliki dua kabel kawat, yaitu T+ dan T-. Kabel kawat tersebut masing-masing dihubungkan dengan pin *input* Konverter MAX31856. Sistem ini juga terdiri dari tiga Konverter MAX31856, konverter ini digunakan sebagai pengonversi sinyal analog dari sensor menjadi sinyal digital agar dapat diproses oleh Raspberry Pi 3. *Output* sinyal dari Konverter MAX31856 dikirimkan ke Raspberry Pi 3 B+ melalui jalur komunikasi *Serial Peripheral Interface* (SPI). Berikut adalah koneksi pin antara Konverter MAX31856 dengan Raspberry Pi 3 B+:

- SDI → MOSI (GPIO 10)
- SDO → MISO (GPIO 9)
- SCK → SCLK (GPIO 11)
- CS → GPIO 5, GPIO 6, GPIO 7
- GND → GND
- VCC → 3.3 V



**Gambar 3. 8** Tampilan Atas Printed Circuit Board (PCB)



**Gambar 3. 9** Tampilan Bawah Printed Circuit Board (PCB)

Berdasarkan Gambar 3.8 dan Gambar 3.9 di atas, Jalur komunikasi SPI dari tiga konverter, masing-masing memiliki pin CS (*Chip Select*) yang berbeda, namun berbagi jalur untuk pin MOSI (*Master Out Slave In*), MISO (*Master Out Slave Out*), dan SCLK (*Serial Clock*) yang sama. Oleh karena itu, penulis akan membuat *Printed Circuit Board* (PCB) sebagai konektor pembagi jalur SPI dari Raspberry Pi 3 B+, dikarenakan pada Raspberry Pi 3 B+ hanya memiliki 1 pin MOSI, MISO, dan SCLK, sehingga jalur MOSI, MISO, dan SCLK dibagi menjadi tiga jalur. PCB yang dirancang juga akan memisahkan jalur untuk pin CS masing-masing konverter, sehingga komunikasi SPI dapat dilakukan secara bergantian. Selain itu, PCB yang dirancang juga akan mengatur jalur suplai daya 3.3V dan GND untuk masing-masing konverter agar sistem dapat stabil. Melanjutkan penjelasan sebelumnya, data yang dikirim dari Konverter MAX31856 kemudian akan diterima oleh Raspberry Pi 3 untuk diproses lebih lanjut, Raspberry Pi 3 B+ digunakan sebagai pemroses utama dalam menangani komunikasi data, pengolahan data, sampai pengiriman data ke *Website*.

Selanjutnya, komponen perangkat keras yang akan digunakan pada sistem ini sebagai berikut:

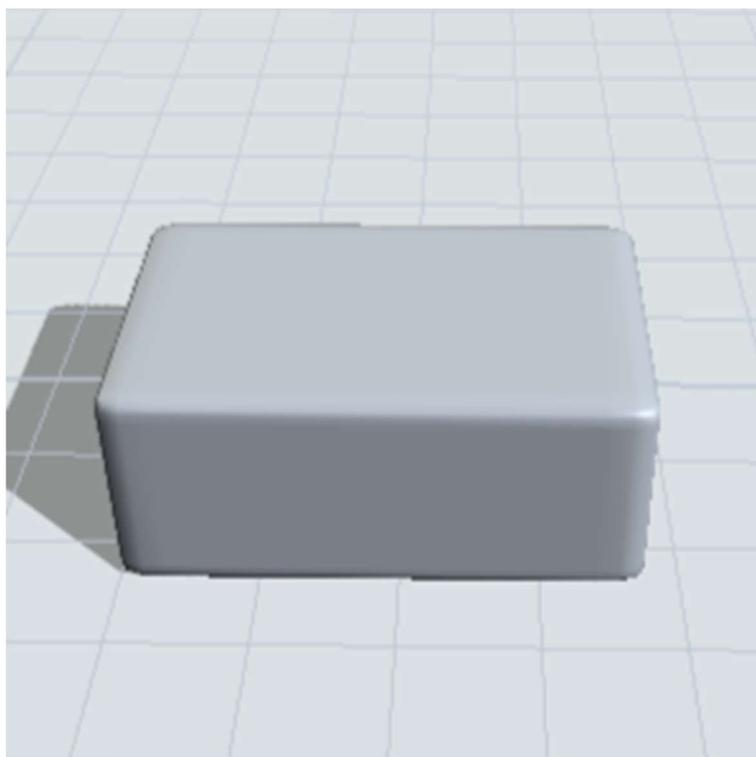
**Tabel 3. 1** Komponen Perangkat Keras

<b>Perangkat Keras</b>	<b>Jumlah</b>
Raspberry Pi 3 B+	1
Konverter MAX31856	3
Sensor Suhu Termokopel tipe T	3
Printed Circuit Board (PCB)	1
Konektor Dupont 8P	4
Terminal Blok 2P	3
Kabel Jumper Female to Female	8
Kabel LAN	1
Kabel Adaptor Daya	1
Junction Box	1

Berdasarkan Tabel 3.1, pemasangan perangkat keras pada sistem ini dimulai dengan menempatkan komponen-komponen, seperti Raspberry Pi 3 B+, PCB, dan Konverter MAX31856 pada *Junction Box*. *Junction Box* digunakan sebagai pelindung untuk menjaga komponen-komponen didalamnya dari kotoran dan benturan. Koneksi antara komponen dihubungkan dengan menggunakan konektor dupont dan kabel jumper *female to female*. Jalur koneksi dirangkai sesuai dengan skema rangkaian yang telah dirancang. Selanjutnya, ketiga Konverter MAX31856 masing-masing dihubungkan dengan sensor suhu Termokopel tipe T.

### 3.5.3 Perancangan Prototipe *Coldbox*

Rancangan prototipe *coldbox* pada sistem ini sebagai berikut:



**Gambar 3. 10** Prototipe *Coldbox*

Berdasarkan Gambar 3.10 di atas, prototipe *coldbox* pada sistem ini terdiri dari satu *styrofoam box*, *aluminium foil*, dan es batu. *Styrofoam box* dipilih karena bentuknya yang sederhana, ringan, mudah dibentuk, dan memiliki kemampuan isolasi termal yang baik, sehingga mampu untuk mempertahankan suhu di dalamnya untuk jangka waktu tertentu. *Styrofoam box* kemudian akan dilapisi bagian dalamnya secara menyeluruh dengan menggunakan *aluminium foil*, *aluminium foil* digunakan untuk menjaga kestabilan suhu, meminimalkan efek fluktuasi suhu dari luar *styrofoam box*, dan meningkatkan kemampuan refleksi termal. Prototipe dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan pengujian tiga sensor suhu Termokopel tipe T yang diletakkan di tiga titik berbeda, yaitu bagian depan, tengah, dan belakang untuk dapat merepresentasikan distribusi suhu secara merata. Selain itu, prototipe juga dirancang dengan memperhatikan kemudahan integrasi antar perangkat keras dengan menyediakan akses jalur kabel tanpa

gangguan isolasi termal, sehingga prototipe ini dapat berfungsi sebagai sarana pengujian dalam lingkungan yang menyerupai kondisi aktual *coldbox* di PT Dirgantara Indonesia.

#### 3.5.4 Pemrograman Perangkat Keras (Raspberry Pi)

Aplikasi perangkat lunak yang akan digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

**Tabel 3. 2** Aplikasi Pemrograman Perangkat Keras

Perangkat Lunak	Keterangan
Sistem Operasi	Linux
Editor Teks	Thonny
Bahasa Pemrograman	Python

Berdasarkan Tabel 3.2, pemrograman Raspberry Pi dimulai dengan pemetaan terhadap struktur program, bahasa pemrograman, dan perencanaan Pustaka yang akan digunakan pada sistem. Bahasa pemrograman yang digunakan pada sistem ini adalah Python dengan bantuan beberapa Pustaka untuk mendukung komunikasi dan integrasi antar komponen. Pustaka yang akan digunakan pada sistem ini sebagai berikut:

- board dan digitalio, Pustaka untuk mendukung komunikasi antara SPI dengan konverter MAX31856
- adafruit\_max31856, Pustaka untuk mendukung konverter MAX31856 dalam melakukan konversi data suhu dari sensor Termokopel tipe T
- firebase\_admin, Pustaka untuk mendukung pengiriman data ke *Firebase*
- time dan datetime, Pustaka untuk mendukung pencatatan waktu pembacaan data suhu
- threading, Pustaka untuk mendukung pencatatan dan pengiriman data suhu secara paralel
- flask, Pustaka untuk mendukung *Website* server lokal

Sistem dirancang untuk dapat membaca data suhu dari sensor suhu Termokopel tipe T, mengonversi data analog dari sensor suhu Termokopel tipe T menjadi data digital melalui konverter MAX31856, mengirimkan data ke *Firestore*, dan menampilkan data ke *Website*. Rancangan susunan struktur logika utama dari pemrograman Raspberry Pi sebagai berikut:

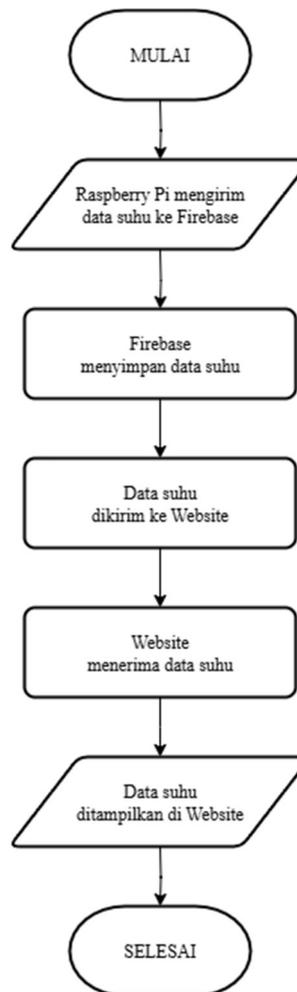
- Menginisialisasi komponen dan koneksi
- Mengonfigurasi koneksi antar komponen
- Melakukan proses pembacaan dan pencatatan data suhu secara berkala
- Mengirimkan data ke *Firestore*
- Memisahkan proses pembacaan dan pengiriman data suhu secara paralel
- Menampilkan data ke *Website*

### 3.6 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak yang dilakukan pada penelitian ini meliputi perancangan *flowchart* perangkat lunak, antarmuka pengguna, dan pemrograman perangkat lunak.

### 3.6.1 *Flowchart* Perangkat Lunak

Rancangan *flowchart* perangkat lunak pada sistem ini sebagai berikut:



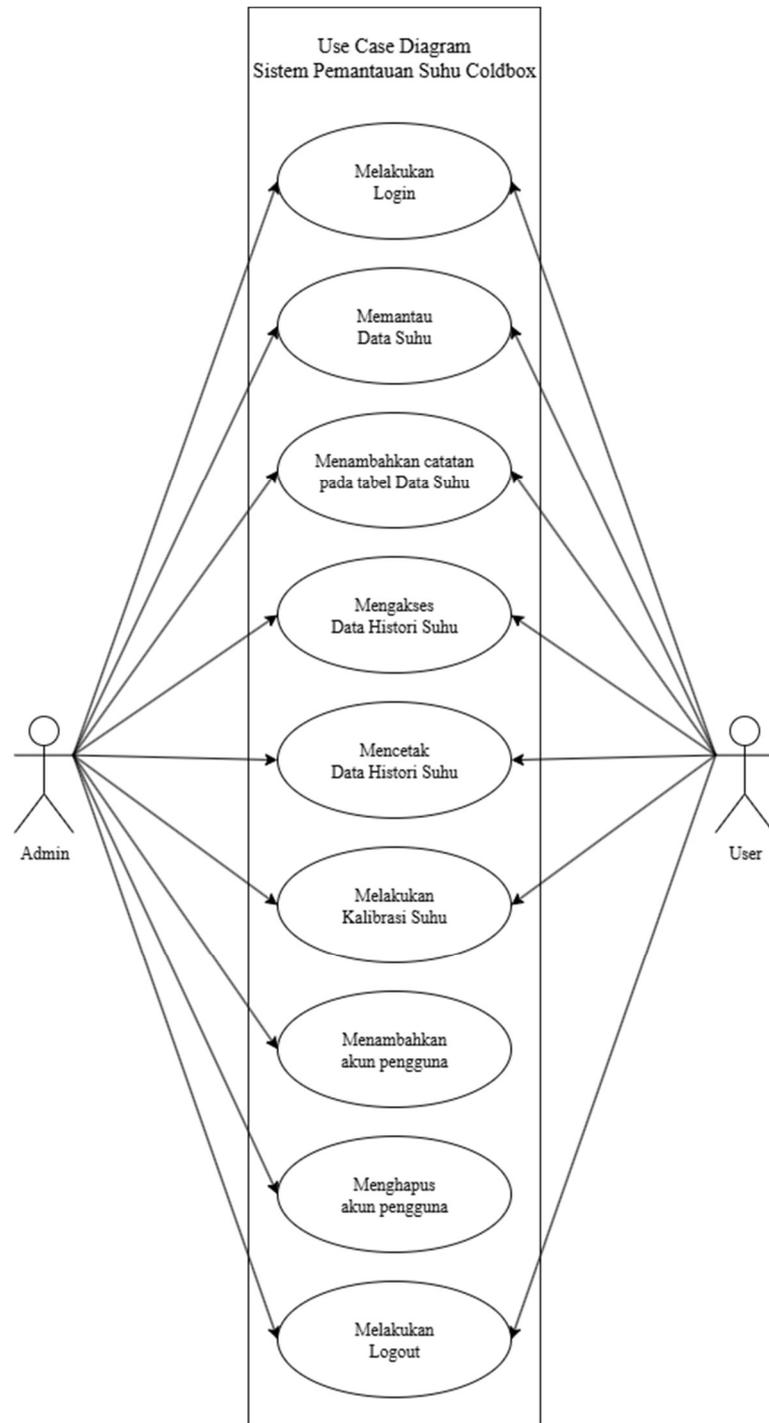
**Gambar 3. 11** *Flowchart* Perangkat Lunak

Berdasarkan Gambar 3.11 di atas, *flowchart* perangkat lunak pada sistem ini dimulai dengan Raspberry Pi mengirim data suhu ke *Firestore*. Data suhu akan diterima oleh *Firestore* dan disimpan untuk keperluan *Website* nantinya. Kemudian *Website* akan menarik data suhu dari *Firestore* untuk ditampilkan. Pengambilan data dilakukan secara *real-time*, sehingga pengguna dapat memantau kondisi suhu pada *coldbox* secara aktual. Terdapat dua macam data yang ditampilkan pada *Website*, yaitu data *real-time* dan data histori. Data *real-time* ditampilkan secara langsung dalam bentuk nilai suhu terbaru dari pembacaan masing-masing *channel* sensor,

sementara data histori disajikan dalam bentuk grafik dan tabel berdasarkan rentang waktu tertentu yang dipilih oleh pengguna.

### 3.6.2 *Use Case Diagram*

Rancangan *use case diagram* pada sistem ini sebagai berikut:



**Gambar 3. 12** Use Case Diagram

Berdasarkan Gambar 3.12 di atas, *use case diagram* pada sistem ini memiliki dua peran dalam hal akses *Website*, sebagai berikut:

1. *Admin* (Administrator)

*Admin* merupakan orang yang dapat mengelola *Website* pada sistem ini, seperti IT atau manajerial, admin dapat melakukan *login* dan *logout* pada *Website*, mengelola *username* dan *password* user yang dapat mengakses *website*, memantau data suhu pada *coldbox* lewat *Website*, mengakses data histori suhu pada *coldbox* lewat *Website*, mencetak data histori suhu dalam format CSV atau PDF, dan melakukan kalibrasi suhu pada *coldbox* lewat *Website*.

2. *User* (Pengguna)

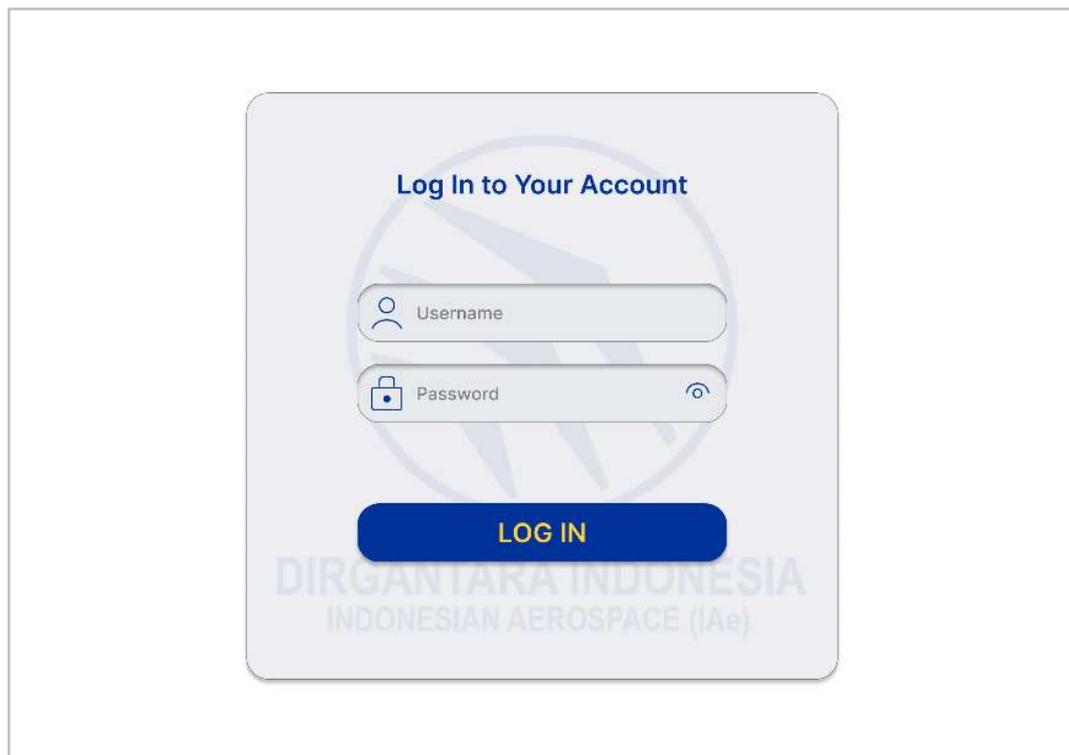
*User* merupakan orang yang dapat mengakses *Website* pada sistem ini, seperti operator atau karyawan yang bersangkutan, user dapat melakukan *login* dan *logout* pada *Website*, memantau data suhu pada *coldbox* lewat *Website*, mengakses data histori pada *coldbox* lewat *Website*, dan mencetak data histori suhu pada *coldbox* lewat *Website*.

### 3.6.3 Antarmuka Pengguna

Rancangan antarmuka pengguna yang dirancang menggunakan figma pada sistem ini sebagai berikut:

### 1. Halaman *Login*

Halaman *login* merupakan halaman pertama atau *landing page* saat pengguna pertama kali membuka *Website* untuk mengakses sistem, sebagaimana dilihat pada Gambar 3.13 berikut:



**Gambar 3. 13** Halaman Login

## 2. Halaman *Dashboard*

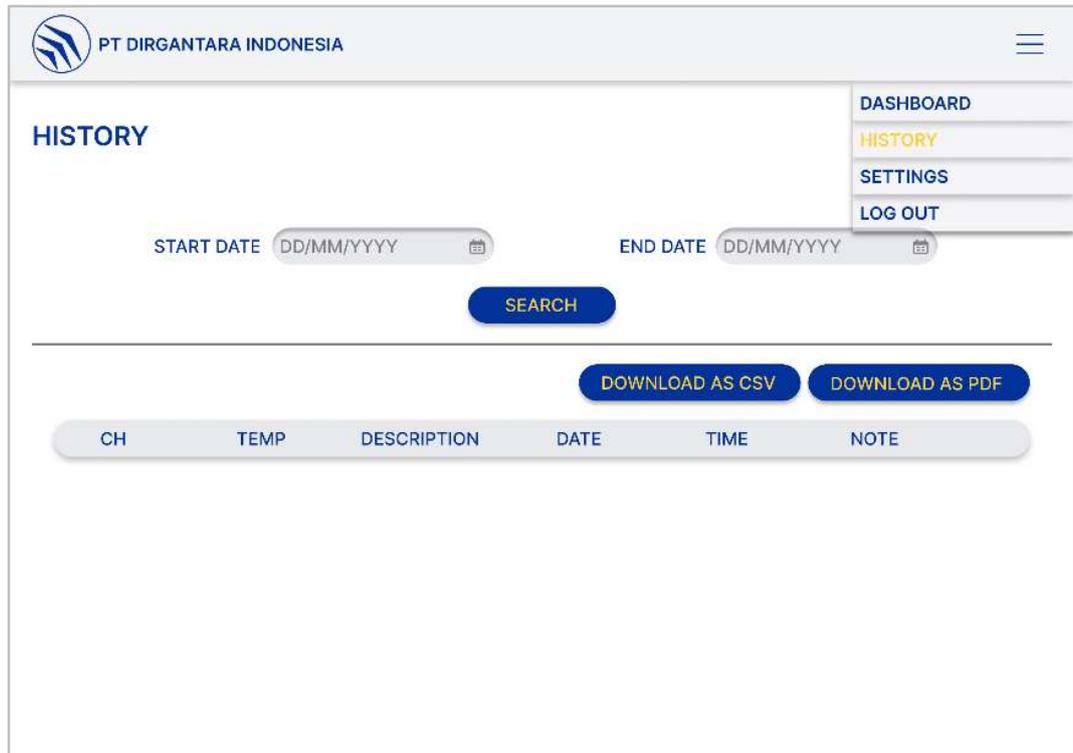
Halaman *dashboard* merupakan halaman utama pada *Website*. Pada halaman ini, pengguna dapat memantau data suhu pada *coldbox*. Pengguna juga dapat memasukkan catatan pada kolom *Note*, sebagaimana dilihat pada Gambar 3.14 berikut:



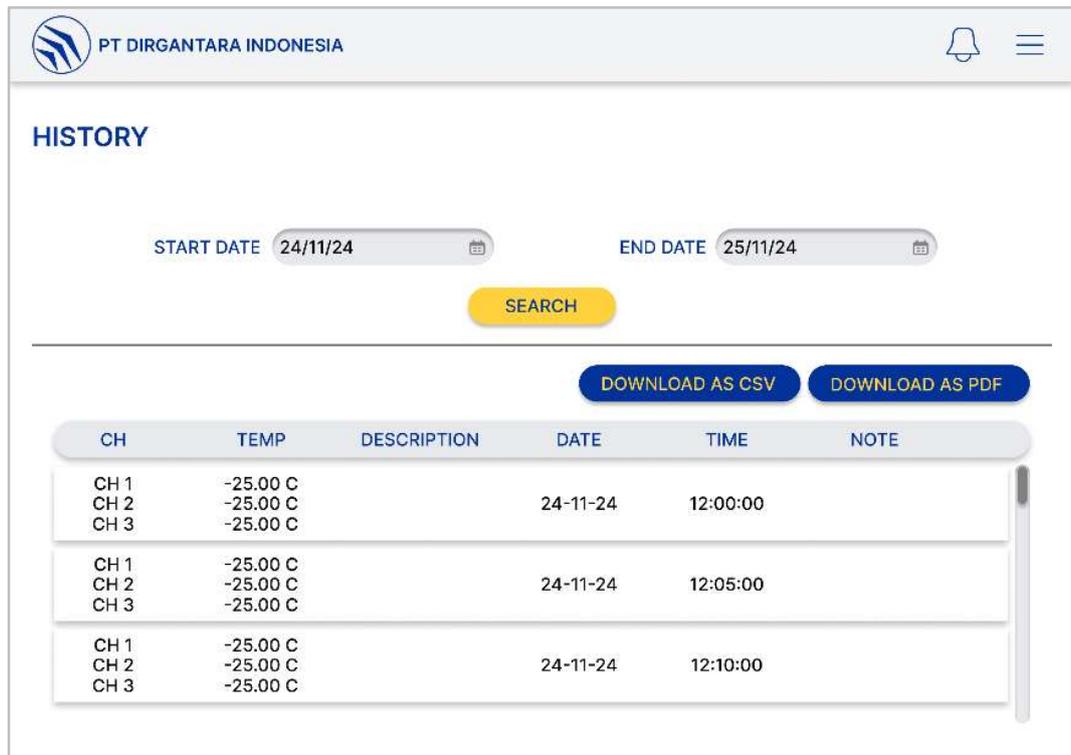
**Gambar 3. 14** Halaman *Dashboard*

### 3. Halaman *History*

Halaman *history* merupakan halaman arsip pada *Website*. Pada halaman ini, pengguna dapat mengakses arsip data suhu pada *coldbox* dalam rentang waktu yang dipilih. Pengguna juga dapat mengunduh arsip tersebut dalam format CSV atau PDF, sebagaimana dilihat pada Gambar 3.15, dan Gambar 3.16 berikut:



**Gambar 3. 15** Halaman *History* (1)



PT DIRGANTARA INDONESIA

## HISTORY

START DATE 24/11/24 END DATE 25/11/24

SEARCH

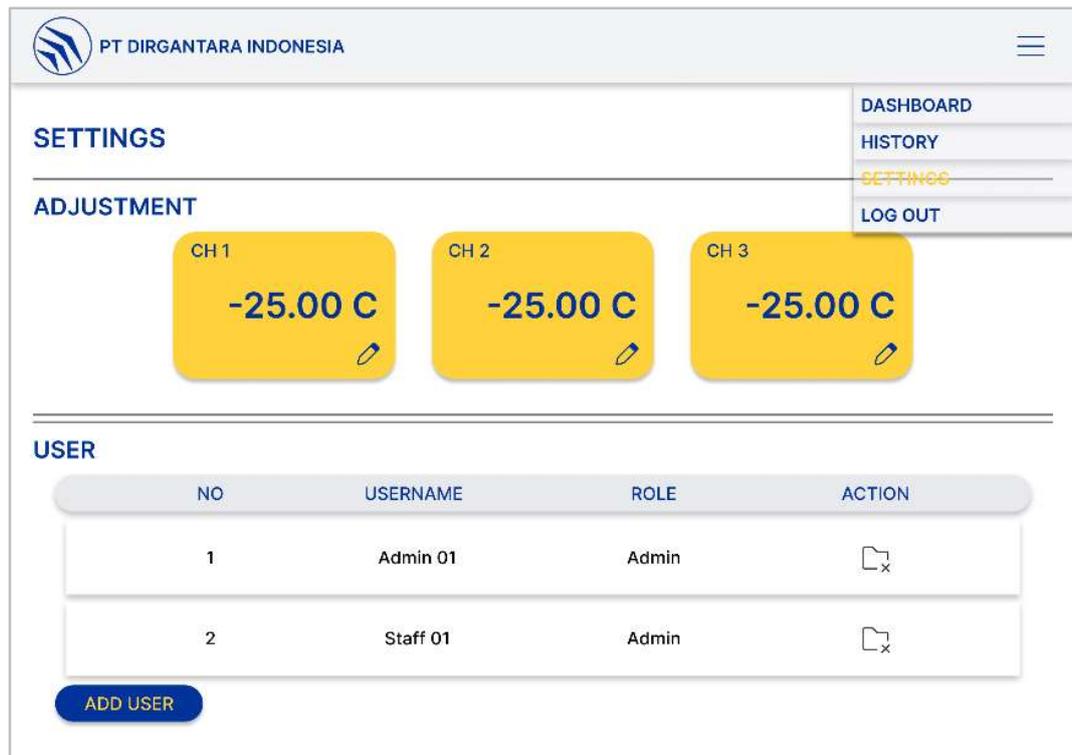
DOWNLOAD AS CSV DOWNLOAD AS PDF

CH	TEMP	DESCRIPTION	DATE	TIME	NOTE
CH 1 CH 2 CH 3	-25.00 C -25.00 C -25.00 C		24-11-24	12:00:00	
CH 1 CH 2 CH 3	-25.00 C -25.00 C -25.00 C		24-11-24	12:05:00	
CH 1 CH 2 CH 3	-25.00 C -25.00 C -25.00 C		24-11-24	12:10:00	

Gambar 3. 16 Halaman *History* (2)

#### 4. Halaman *Settings*

Halaman *settings* merupakan halaman pengaturan pada *Website*. Pada halaman ini, pengguna dapat mengkalibrasi data suhu pada *channel* yang dipilih. Pengguna juga dapat mengelola pengguna yang dapat mengakses *Website*, sebagaimana dilihat pada Gambar 3.17 berikut:



The screenshot displays the 'SETTINGS' page for PT DIRGANTARA INDONESIA. It features a navigation menu on the right with options: DASHBOARD, HISTORY, SETTINGS (highlighted), and LOG OUT. The main content is divided into two sections: 'ADJUSTMENT' and 'USER'.

**ADJUSTMENT**

Three temperature adjustment channels are shown, each with a yellow button displaying the current temperature and an edit icon:

- CH 1: -25.00 C
- CH 2: -25.00 C
- CH 3: -25.00 C

**USER**

NO	USERNAME	ROLE	ACTION
1	Admin 01	Admin	
2	Staff 01	Admin	

An 'ADD USER' button is located below the user table.

**Gambar 3. 17** Halaman *Settings*

### 3.6.4 Pemrograman Perangkat Lunak

Aplikasi perangkat lunak yang akan digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

**Tabel 3. 3** Aplikasi Pemrograman Perangkat Lunak

Perangkat Lunak	Keterangan
Sistem Operasi	Linux
Editor Teks	Thonny
Bahas Pemrograman	Python, Javascript
Basis Data	Firebase
Browser	Chrome

Berikut adalah pemrograman perangkat lunak pada sistem ini:

#### 1. Struktur Database *Firebase*

Penyimpanan seluruh data pada sistem ini akan menggunakan *Firebase*. Sistem ini akan menggunakan *Firebase Realtime Database* dengan struktur berbasis JSON, yang memungkinkan penyimpanan data yang terstruktur. Terdapat tiga *database* yang dirancang, yaitu database untuk menyimpan data yang berkaitan dengan proses kalibrasi, seperti nilai *offset* (nilai koreksi) untuk masing-masing *channel*, nilai *safety*, dan nilai *set point*. Lalu, terdapat database untuk menyimpan data yang berkaitan dengan proses pembacaan suhu, seperti nilai suhu dari masing-masing *channel*, deksripsi dari masing-masing *channel*, catatan untuk masing-masing *channel*, dan timestamp pembacaan. Kemudian, terdapat *database* untuk menyimpan data yang berkaitan dengan pengguna *Website*, seperti *username* pengguna, peran pengguna, dan *password* pengguna.

#### 2. Pemrograman *Website*

*Website* pada sistem ini dikembangkan sebagai antarmuka yang akan digunakan untuk memantau dan mencatat suhu secara digital. *Website* akan dikembangkan dengan menggunakan bahasa pemrograman Python berbasis framework Flask sebagai backend, serta HTML, CSS, dan Javascript sebagai frontend. *Website* terhubung langsung dengan *Firebase Realtime Database* melalui

API dan Pustaka `firebase_admin` yang akan diintegrasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman Python. Struktur halaman *Website* terdiri dari halaman *dashboard*, *history*, dan *settings*. *Website* akan dihosting secara lokal pada jaringan internal perusahaan, untuk menjaga keamanan dan kecepatan akses.

### 3.7 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi instrumen *functional suitability testing* dan *usability testing*.

#### 3.7.1 *Functional Suitability Testing*

*Functional suitability testing* merupakan karakteristik dalam standar ISO/IEC 25010 yang digunakan untuk menguji kesesuaian fungsional pada sistem, seperti apakah fitur-fitur pada sistem telah berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah dirancang (Puspaningrum et al., 2017). Metode pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah *Black Box Testing*, yaitu metode pengujian yang dilakukan hanya berdasarkan masukan dan keluaran. Tujuan dari metode ini adalah untuk memahami fungsionalitas sistem yang dibuat, pengujian ini dilakukan dengan memberikan skenario uji untuk memastikan bahwa sistem layak digunakan. Dalam pengujian ini terdapat 53 *test case* dengan dua skenario, yaitu 31 *test case* untuk peran admin dan 22 *test case* untuk peran user, *test case* dibuat berdasarkan fitur-fitur yang tersedia pada *Website*, yaitu fitur *login*, data suhu, data histori suhu, unduh data histori suhu, kalibrasi suhu, manajemen user, dan *logout*. Hasil pengujian dicatat dalam bentuk tabel dengan beberapa variabel, yaitu skenario uji, keluaran yang diharapkan, dan keluaran yang dihasilkan, jika keluaran yang dihasilkan sesuai dengan keluaran yang diharapkan, maka fitur tersebut dinyatakan berfungsi dengan baik.

#### 3.7.2 *Usability Testing*

*Usability testing* merupakan karakteristik dalam standar ISO/IEC 25010 digunakan untuk menilai apakah suatu sistem dapat secara mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna (Haslinda et al., 2015). Metode penilaian yang digunakan pada penelitian ini adalah *System Usability Scale* (SUS), yaitu metode penilaian dengan kuisisioner yang terdiri dari beberapa pertanyaan. Tujuan dari metode ini

adalah untuk mengevaluasi kemudahan dan kenyamanan penggunaan sistem dari perspektif pengguna. Dalam penilaian ini, penilaian dilakukan secara objektif dengan menggunakan Skala Penilaian Likert 1 sampai 5, yaitu penilaian dari “Sangat Tidak Setuju” hingga “Sangat Setuju”. Hasil penilaian dicatat dan dikonversi ke nilai 0-100 dengan menggunakan rumus SUS, kemudian nilai total dianalisis untuk menentukan tingkat *usability* sistem.

### 3.8 Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi observasi, diskusi, pembacaan dan kalibrasi sensor, serta angket.

#### 3.8.1 Observasi

Pada tahap ini, penulis melakukan observasi secara langsung pada tempat penelitian, penulis mengamati sistem pemantauan dan pencatatan data suhu pada *coldbox* di PT Dirgantara Indonesia saat ini untuk mengetahui permasalahan apa yang dapat diselesaikan.

#### 3.8.2 Diskusi

Pada tahap ini, penulis melakukan diskusi secara langsung baik secara personal maupun kelompok dengan user PT Dirgantara Indonesia untuk menggali lebih dalam mengenai permasalahan yang dihadapi dan kebutuhan yang diinginkan dari sistem digitalisasi, hasil dari tahap ini akan dianalisis secara kualitatif sebagai dasar dalam menentukan fitur sistem nantinya.

#### 3.8.3 Pembacaan dan Kalibrasi Sensor

Pada tahap ini, penulis melakukan pembacaan dan pencatatan suhu secara berkala dengan menggunakan tiga sensor suhu Termokopel tipe T yang masing-masing terhubung dengan konverter MAX31856, kemudian konverter MAX31856 terhubung ke Raspberry Pi 3 B+ melalui jalur komunikasi SPI. Nilai suhu dibaca secara berkala dalam interval waktu 1 detik sekali dan dicatat secara berkala ke *Firestore Realtime Database* dalam interval waktu 2 menit sekali sesuai dengan kondisi pencatatan suhu yang aktual di lapangan. Proses pembacaan dan pencatatan dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Python yang dijalankan di

Raspberry Pi. Selain itu, penulis juga melakukan kalibrasi sensor untuk membandingkan dan menyesuaikan hasil pembacaan suhu dari sensor terhadap hasil pembacaan suhu dari alat ukur suhu referensi yang digunakan, yaitu termometer digital. Nilai selisih antara hasil pembacaan suhu dari sensor dan termometer digital, akan digunakan sebagai nilai offset, dimana pengguna dapat memasukkan dan menyesuaikan nilai kalibrasi berdasarkan hasil pengamatan di lapangan melalui antarmuka *Website* yang telah dirancang.

#### 3.8.4 Angket

Pada tahap ini, penulis melakukan penilaian terhadap sistem dengan menggunakan metode kuisisioner SUS, angket ini membahas mengenai aspek kemudahan dan kenyamanan sistem yang telah dirancang dengan memberikan beberapa pertanyaan kepada pekerja di PT Dirgantara Indonesia yang terlibat baik secara langsung dan tidak langsung dalam kegiatan pemantauan data suhu pada *coldbox*.

### 3.9 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi data pembacaan dan kalibrasi sensor, data *functional suitability testing* dan data *usability testing*.

#### 3.9.1 Data Pembacaan dan Kalibrasi Sensor

Data dari hasil pembacaan sensor akan dianalisis untuk dinilai keakuratan dan konsistensi data suhu yang dicatat. Hasil pembacaan suhu dari sensor dibandingkan dengan hasil pembacaan suhu dari termometer digital sebagai alat ukur referensi. Data suhu sebelum dan sesudah kalibrasi dibandingkan untuk menilai keberhasilan dari proses koreksi pembacaan. Selain itu, waktu respon dan kestabilan pembacaan dari masing-masing sensor juga dianalisis berdasarkan nilai simpangan bakunya. Perhitungan simpangan baku dilakukan berdasarkan Rumus 3.1 berikut:

$$\text{Simpangan Baku (SD)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3.1)$$

**Rumus 3. 1** Perhitungan Simpangan Baku

Nilai  $x_i$  adalah nilai pembacaan ke- $i$ ,  $\bar{x}$  adalah rata-rata pembacaan, dan  $n$  adalah jumlah pembacaan. Mengingat simpangan baku digunakan untuk mengukur tingkat *repeatability*, maka pendekatan yang umum dipakai adalah proporsi dari rentang batas toleransi akurasi atau *Maximum Permissible Error* (MPE). Berdasarkan literatur metrologi (JCGM, 2008), simpangan baku yang baik idelanya berada pada kisaran:

- Nilai simpangan baku  $\leq 1/3$  MPE, dianggap sangat baik dengan tingkat *repeatability* tinggi
- Nilai simpangan baku  $\leq 1/2$  MPE, dianggap memenuhi syarat, dengan tingkat *repeatability* yang masih dapat diterima
- Nilai simpangan baku  $> 1/2$  MPE, dianggap tidak baik, dengan tingkat *repeatability* rendah

Apabila penelitian ini mengacu pada rujukan toleransi simpangan baku yang mengacu pada proporsi dari *Maximum Permissible Error* (MPE)  $\pm 0,6^\circ\text{C}$ , sesuai dengan sertifikat kalibrasi *recorder coldbox* (terlampir pada Lampiran 6.1), MPE akan digunakan sebagai dasar untuk penetapan kategori toleransi, sebagaimana yang dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut:

**Tabel 3. 4** Daftar Kategori untuk Simpangan Baku

Kategori	Rentang	
	Simpangan Baku ( $^\circ\text{C}$ )	Keterangan
Sangat Baik	$\leq 0,2$	<i>Repeatability</i> tinggi
Memenuhi Syarat	$0,2 < \text{SD} \leq 0,3$	<i>Repeatability</i> cukup baik
Tidak Baik	$> 0,3$	<i>Repeatability</i> rendah

### 3.9.2 Data *Functional Suitability Testing*

Data dari hasil *functional suitability testing* dengan menggunakan metode *Black Box Testing* akan dianalisis dengan menggunakan pendekatan Skala Guttman, yaitu pendekatan pengukuran biner untuk menilai kesesuaian fungsional pada sistem dengan kebutuhan fungsional yang telah dirancang. Skala ini dipilih karena sesuai dengan kebutuhan sistem ini, dimana skala ini mampu menilai kemampuan sistem secara terukur, terutama untuk sistem berbasis fitur seperti *Website*. Seluruh fitur *Website* akan diuji berdasarkan skenario uji tertentu, masing-masing skenario uji akan diberikan nilai 1 jika sesuai dan 0 jika tidak sesuai. Jumlah yang diperoleh akan diukur dengan menggunakan Skala Guttman dengan aturan jika sesuai maka bernilai 1 dan jika tidak maka akan bernilai 0. Persentase kesesuaian sistem akan dihitung dengan menggunakan Rumus 3.2 berikut:

$$\text{Persentase Kelayakan} = \frac{\sum \text{Fitur yang sesuai}}{\sum \text{Fitur yang diuji}} \times 100\% \quad (3.2)$$

**Rumus 3. 2** Perhitungan Persentase Kelayakan untuk *Black Box Testing*

Setelah dilakukan perhitungan persentase kelayakan dengan Rumus 3.2 di atas, persentase kelayakan yang diperoleh kemudian akan dikonversi dengan Tabel 3.8 berikut:

**Tabel 3. 5** Daftar Kriteria Penilaian untuk Hasil *Black Box Testing*

Total Persentase	Keterangan
0% - 19,99%	Sangat Tidak Layak
20% - 39,99%	Kurang Layak
40% - 59,99%	Cukup Layak
60% - 79,99%	Layak
80% - 100%	Sangat Layak

### 3.9.3 Data Usability Testing

Data dari hasil usability testing dengan menggunakan kuisioner SUS akan dianalisis dengan menggunakan pendekatan Skala Likert, yaitu pendekatan penilaian yang menggunakan rentang nilai dari 1 sampai 5 untuk mengukur tingkat persetujuan responden terhadap pertanyaan yang diajukan, tabel penilaian dengan menggunakan Skala Likert sebagai berikut:

**Tabel 3. 6** Daftar Kriteria Penilaian untuk Kuisioner SUS

Nilai	Keterangan
1	Sangat Tidak Setuju
2	Tidak Setuju
3	Netral
4	Setuju
5	Sangat Setuju

Skala ini dipilih karena sesuai dengan kebutuhan sistem ini, dimana skala ini mampu menilai seberapa baik sistem dapat diterima oleh pengguna, baik dari segi kemudahan dan kenyamanan pengguna. Pengujian dilakukan setelah pengguna mencoba sistem yang telah dirancang dan dikembangkan. SUS terdiri dari 10 pertanyaan, yaitu 5 pertanyaan positif (nomor ganjil), dan 5 pertanyaan negatif (nomor genap). Penilaian yang terkumpul dari responden akan dihitung terlebih dahulu nilai rata-rata SUS dengan Rumus 3.3 sebagai berikut:

$$\text{Nilai Rata – Rata SUS} = \frac{\sum \text{Nilai SUS}}{\sum \text{Responden}} \quad (3.3)$$

**Rumus 3. 3** Perhitungan Nilai Rata-rata SUS

Berdasarkan perhitungan nilai rata-rata SUS pada Rumus 3.3 diatas, nilai SUS untuk tiap pertanyaan dapat dihitung terlebih dahulu dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Pertanyaan dengan nomor ganjil (Positif):

$$\text{Nilai SUS} = \text{Nilai jawaban} - 1 \quad (3.4)$$

**Rumus 3. 4** Perhitungan Nilai SUS untuk Pertanyaan Bernomor Ganjil

2. Pertanyaan dengan nomor genap (Negatif):

$$\text{Nilai SUS} = 5 - \text{Nilai jawaban} \quad (3.5)$$

**Rumus 3. 5** Perhitungan Nilai SUS untuk Pertanyaan Bernomor Genap

3. Nilai akhir SUS didapat dari hasil perhitungan total nilai rata-rata yang kemudian akan dikali dengan 2,5.

$$\text{Nilai Akhir SUS} = \text{Total Nilai SUS} \times 2,5 \quad (3.6)$$

**Rumus 3. 6** Perhitungan Nilai Akhir SUS

Setelah dilakukan perhitungan nilai akhir SUS dengan Rumus 3.5 di atas, nilai akhir SUS yang diperoleh kemudian akan dihitung rata-ratanya dan dikonversi dengan Tabel 3.10:

**Tabel 3. 7** Daftar Kriteria Penilaian untuk Hasil Kuisisioner SUS

<b>Total Nilai</b>	<b>Kelompok Nilai</b>	<b>Keterangan</b>
>80,3	A	Sangat Layak
68 – 80,3	B	Layak
68	C	Netral
51 - 67	D	Tidak Layak
<51	E	Sangat Tidak Layak