

PERANCANGAN SISTEM PENGUKURAN UNTUK KARAKTERISASI SUHU RUANG

Yudantiyo WIRABAGASKARA
2016630010

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Universitas Katolik Parahyangan.

Panitia Penguji :

Dr. Ali Sadiyoko, S.T., M.T, Pembimbing 1

Dr. Christian F. Naa, Pembimbing 2

Dr. Ir. Bagus Arthaya, M.Eng, Penguji 1

Levin Halim, S.T., M.T., Penguji 2

MEASUREMENT SYSTEM DESIGN FOR ROOM TEMPERATURE CHARACTERIZATION

Yudantiyo WIRABAGASKARA
2016630010

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Universitas Katolik Parahyangan.

Panitia Penguji :

Dr. Ali Sadiyoko, S.T., M.T, Pembimbing 1

Dr. Christian F. Naa, Pembimbing 2

Dr. Ir. Bagus Arthaya, M.Eng, Penguji 1

Levin Halim, S.T., M.T., Penguji 2

Lembar Persetujuan Selesai



Tugas Akhir berjudul:

PERANCANGAN SISTEM PENGUKURAN UNTUK KARAKTERISASI SUHU RUANG

oleh:

Yudantiyo Wirabagaskara
NPM : 2016630010

ini telah diujikan pada Sidang Tugas Akhir 2 (IME 184500) di Program Studi Sarjana Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan serta dinyatakan SELESAI.

TANDA PERSETUJUAN SELESAI,

Bandung, 19 Agustus 2022

Ketua Program Studi Sarjana
Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika

Tua Agustinus Tamba, PhD

Pembimbing Pertama,

Dr. Ali Sadiyoko, S.T., M.T

Pembimbing Kedua,

Dr. Christian F. Naa

PERNYATAAN TIDAK MENCONTEK ATAU MELAKUKAN TINDAKAN PLAGIAT

Saya yang bertandatangan dibawah ini,

YUDANTIYO WIRABAGASKARA

Dengan ini menyatakan bahwa Buku Tugas Akhir dengan judul:

"PERANCANGAN SISTEM PENGUKURAN UNTUK KARAKTERISASI SUHU
RUANG"

adalah hasil pekerjaan Saya. Seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain
telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini Saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak
sesuai dengan kenyataan maka Saya bersedia menanggung sanksi yang akan
dikenakan kepada Saya.

Bandung, 19 Agustus 2022



Yudantiyo Wirabagaskara

NPM: 2016630010

Abstrak

Teknologi yang semakin maju membuat sektor pertanian menjadi lebih berkembang. Hadirnya pertanian pintar atau *smart farming* sangat membantu manusia untuk meningkatkan hasil produksi dengan sistem yang lebih efisien dan presisi. Dengan adanya teknologi pertanian yang lebih canggih, manusia dapat menerapkan aplikasi *smart farming* tidak hanya pada pertanian pedesaan tetapi juga pertanian perkotaan. Sebelum melakukan perancangan *smart farming*, diperlukan karakterisasi sistem terlebih dahulu. Pada tugas akhir ini, dirancang sebuah sistem pengukuran dan akuisisi untuk mengukur distribusi suhu pada ruang tertutup. Sistem ini menggunakan 20 sensor suhu DS18B20 yang dikoneksikan menggunakan protokol *one wire* dan dihubungkan dengan mikrokontroller. Dua puluh sensor yang digunakan dipasang pada titik yang berbeda beda. Perancangan sistem akan diawali dengan simulasi *Computational Fluid Dynamics* kemudian dilanjutkan dengan pengujian pada purwarupa bilik menggunakan lampu sebagai sumber panas dengan daya yang berbeda beda. Pengujian dilakukan pada suhu awal dan rentang waktu yang sama. Hasil pengujian sistem menyatakan bahwa pada penggunaan lampu 25 Watt dan 40 Watt, trend peningkatan suhu terjadi secara logaritmik dan linear. Pada penggunaan lampu 75 Watt, terjadi peningkatan suhu secara linear dan logaritmik. Namun, pada penggunaan lampu 15 Watt, terjadi peningkatan suhu secara logaritmik dan diikuti dengan penurunan suhu secara linear.

Abstract

The improvement in technology have increasingly developed the agricultural sector. The presence of smart agriculture really help human to increase production results with a more efficient and precise system. With the existence of more sophisticated agricultural technology, human can apply technologies not only to rural agriculture but also to urban agriculture. Before designing a smart farming technology, it is necessary to characterize the system first. In this final project, a measurement and acquisition system is designed to measure temperature distribution in an enclosed space. This system uses 20 DS18B20 temperature sensors which are connected using a one wire protocol and connected to a microcontroller. Twenty sensors are installed at different spots. The design of the system will begin with computational fluid dynamics simulations and then proceed with testing on a prototype booth using 4 lamps as a heat source with different power. Tests were carried out at the same initial temperature and time span. The results of the system test state that with the use of 25 Watt and 40 Watt lamps, the trend of increasing temperature occurs logarithmically, then linearly. In the use of 75 Watt lamp, there is a linear and logarithmic increase in temperature. However, in the use of 15 Watt lamp, there is a logarithmic increase in temperature and followed by a linear decrease in temperature.

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan YME, karena dengan rahmat-Nya lah penyusunan ini dapat diselesaikan dengan judul penelitian "PERANCANGAN SISTEM PENGUKURAN UNTUK KARAKTERISASI SUHU RUANG". Proses pembuatan Tugas Akhir yang dilalui penulis tidaklah mudah. Dalam melakukan penelitian ini, penulis mendapat banyak bantuan dan dorongan untuk melewati hambatan dalam proses penelitian, diantaranya:

- Dr. Ali Sadiyoko, S.T., M.T dan Dr. Christian F. Naa selaku dosen pembimbing Tugas Akhir di .
- Ibu Edith dan Alm. Soepa, sebagai orangtua penulis. Elsa dan Nia, sebagai adik penulis. Terima kasih atas semua kasih sayang, doa perhatian dan dorongan kepada penulis. Semoga Tuhan selalu memberkati dan melindungi.
- Kepada Euy Gun, Rinaldi, Sagara, Kevin, Subhan, Daniel, Theo, Rayner, Dodo, Iqbal, Olsen, Nicholas, Bill dan rekan PJ lainnya yang sudah memberikan dukungan dan bantuan selama pengerjaan tugas akhir.
- Kepada Yudha, Cahyadi, Yafie, Rangsap, Ivan, Ignas, Rakai dan Valen. Terima kasih banyak atas dukungan, senang dan memori lainnya selama ngekos.
- Kepada Janji, Luki, Fandi, Diva, Kiki. Terima kasih atas dukungan dan kerja samanya. Semoga dapat bekerja bersama lagi kedepannya.
- Kepada Gamaliel Abram Pradipta, Joshua Irawan, Geriz Samgar, Stefano Jose dan rekan rekan Galatian. Terima kasih banyak sudah menjadi sahabat yang baik, memberikan dorongan dan dukungan.

Terima kasih penulis haturkan kepada semua pihak atas doa, bantuan serta dukungan. Kiranya Tuhan memberikan berkat melimpah kepada semua pihak. Mohon maaf apabila masih banyak kekurangan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir II ini. Adapun harapan penulis agar buku Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan turut memajukan Negara Republik Indonesia, khususnya bidang Teknik Elektro (Konsentrasi Mekatronika).

Daftar Isi

Abstrak	ix
Abstract	xi
Kata Pengantar	xiii
Daftar Isi	xv
Daftar Tabel	xvii
Daftar Gambar	xix
Daftar Simbol dan Variabel	xxi
Daftar Singkatan	xxiii
1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah dan Asumsi	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir	4
1.5 Manfaat Tugas Akhir	4
1.6 Metodologi Tugas Akhir	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
2 Tinjauan Pustaka	7
2.1 Teori Perpindahan Kalor	7
2.1.1 Konduksi	7
2.1.2 Konveksi	8
2.1.3 Radiasi	8
2.2 Termodinamika	9

2.2.1	Hukum Ke-Nol Termodinamika	9
2.2.2	Hukum Pertama Termodinamika	9
2.2.3	Hukum Kedua Termodinamika	10
2.2.4	Hukum Ketiga Termodinamika	10
2.3	<i>Computational Fluid Dynamics</i>	10
2.3.1	<i>Pre Processing</i>	11
2.3.2	<i>Processing</i>	11
2.3.3	<i>Post Processing</i>	11
2.4	Mikrokontroller	11
2.5	Sensor DS18B20	12
2.6	PLX-DAQ	13
3	Perancangan Sistem	15
3.1	Spesifikasi Sistem / Desain	15
3.2	Rincian Desain	15
3.2.1	Desain Bilik	15
3.2.2	Rangkaian Sensor dan <i>Flowchart</i>	18
3.3	Simulasi <i>Solidworks</i>	20
3.4	Spesifikasi Sistem / Desain	24
3.4.1	Penempatan Sensor	27
3.5	Pengujian Sistem	28
3.5.1	Pencarian alamat dari sensor DS18B20	28
3.5.2	Kalibrasi sensor DS18B20	30
4	Analisis Sistem	31
4.1	Pengukuran suhu bilik tanpa menggunakan aluminium foil	31
4.2	Pengukuran suhu bilik menggunakan aluminium foil	33
4.3	Pengukuran suhu bilik dengan lampu	35
4.3.1	Pengukuran suhu bilik lampu 15 Watt	36
4.3.2	Pengukuran suhu bilik lampu 25 Watt	40
4.3.3	Pengukuran suhu bilik lampu 40 Watt	44
4.3.4	Pengukuran suhu bilik lampu 75 Watt	48
4.3.5	Perbandingan hasil simulasi dengan data hasil pengukuran	52
5	Simpulan dan Saran	55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	55
	Daftar Pustaka	57
	Lampiran A Program Sistem Pengukuran Suhu	61
A.1	Program Pencarian Alamat Sensor	61
A.2	Program Untuk Pengukuran Suhu	62

Daftar Tabel

2.1	Spesifikasi Arduino Uno	12
2.2	Spesifikasi DS18B20	12
3.1	Hasil rata rata pengukuran suhu	23
3.2	Alamat Sensor DS18B20	29
4.1	Nilai suhu akhir antara simulasi dengan pengujian sistem	53

Daftar Gambar

2.1	Tampilan PLX-DAQ	13
2.2	Tampilan PLX-DAQ yang terkoneksi dengan mikrokontroller	14
3.1	Tampak Depan Bilik	16
3.2	Tampak Samping Bilik	16
3.3	Bagian Dalam Bilik	17
3.4	Tampak Isometri Bilik	17
3.5	Bilik dengan <i>tray</i> dan pot	18
3.6	Rangkaian Sensor	18
3.7	<i>Flowchart</i> sistem	19
3.8	Simulasi Lampu 15 Watt	21
3.9	Simulasi Lampu 25 Watt	21
3.10	Simulasi Lampu 40 Watt	22
3.11	Simulasi Lampu 75 Watt	22
3.12	Tampak Depan Bilik	24
3.13	Tampak Samping Kanan Bilik	25
3.14	Tampak Samping Kiri Bilik	25
3.15	Tampak Dalam Bilik	26
3.16	Tampak Dalam Bilik	26
3.17	Tampak Depan Penempatan Sensor	27
3.18	Tampak Atas Penempatan Sensor	28
4.1	Grafik suhu terhadap waktu pada bilik tanpa dilapisi aluminium foil	32
4.2	Grafik linear suhu pada layer 1 terhadap waktu di dalam bilik tanpa dilapisi aluminium foil	32
4.3	Grafik linear suhu pada layer 2 terhadap waktu di dalam bilik tanpa dilapisi aluminium foil	32
4.4	Grafik logaritmik suhu pada layer 3 terhadap waktu di dalam bilik tanpa dilapisi aluminium foil	33
4.5	Grafik suhu layer 3 terhadap waktu pada bilik tanpa dilapisi aluminium foil	33
4.6	Grafik suhu terhadap waktu pada bilik yang dilapisi aluminium foil	34

4.7	Grafik linear suhu pada layer 1 terhadap waktu di dalam bilik yang dilapisi aluminium foil	34
4.8	Grafik linear suhu pada layer 2 terhadap waktu di dalam bilik yang dilapisi aluminium foil	35
4.9	Grafik logaritmik suhu pada layer 3 terhadap waktu di dalam bilik yang dilapisi aluminium foil	35
4.10	Grafik suhu terhadap waktu dengan lampu 15 Watt	36
4.11	Grafik logaritmik suhu terhadap waktu pada layer 1	37
4.12	Grafik linear suhu terhadap waktu pada layer 1	37
4.13	Grafik logaritmik suhu terhadap waktu pada layer 2	38
4.14	Grafik linear suhu terhadap waktu pada layer 2	38
4.15	Grafik logaritmik suhu terhadap waktu pada layer 3	39
4.16	Grafik linear suhu terhadap waktu pada layer 3	39
4.17	Grafik suhu terhadap waktu dengan lampu 25 Watt	40
4.18	Grafik logaritmik suhu terhadap waktu pada layer 1	41
4.19	Grafik linear suhu terhadap waktu pada layer 1	41
4.20	Grafik logaritmik suhu terhadap waktu pada layer 2	42
4.21	Grafik linear suhu terhadap waktu pada layer 2	42
4.22	Grafik logaritmik suhu terhadap waktu pada layer 3	43
4.23	Grafik linear suhu terhadap waktu pada layer 3	43
4.24	Grafik suhu terhadap waktu dengan lampu 40 Watt	44
4.25	Grafik logaritmik suhu terhadap waktu pada layer 1	45
4.26	Grafik linear suhu terhadap waktu pada layer 1	45
4.27	Grafik logaritmik suhu terhadap waktu pada layer 2	46
4.28	Grafik linear suhu terhadap waktu pada layer 2	46
4.29	Grafik logaritmik suhu terhadap waktu pada layer 3	47
4.30	Grafik linear suhu terhadap waktu pada layer 3	47
4.31	Grafik suhu terhadap waktu dengan lampu 75 Watt	48
4.32	Grafik linear suhu terhadap waktu pada layer 1	49
4.33	Grafik logaritmik suhu terhadap waktu pada layer 1	49
4.34	Grafik linear suhu terhadap waktu pada layer 2	50
4.35	Grafik logaritmik suhu terhadap waktu pada layer 2	50
4.36	Grafik linear suhu terhadap waktu pada layer 3	51
4.37	Grafik logaritmik suhu terhadap waktu pada layer 3	51

Daftar Simbol dan Variabel

$\%$	persentase
δ	perubahan besaran
Q	kalor
k	konduktivitas termal
A	luas penampang
t	waktu
T	suhu
L	panjang
h	koefisien perpindahan panas
P	radiasi
e	emisivitas bahan
σ	konstanta Stefan Boltzmann
W	usaha
U	energi
ρ	massa jenis
v	kecepatan
p	tekanan
V	tegangan
\pm	kurang lebih
Ω	hambatan

Daftar Singkatan

BPS	Badan Pusat Statistik
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>

Bab 1

Pendahuluan

Bab Pendahuluan ini berisikan latar belakang masalah, identifikasi, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi dan sistematika penulisan tugas akhir. Tugas Akhir ini dilatarbelakangi oleh sistem pengontrolan suhu dari sistem sebelumnya yang menggunakan 1 buah sensor suhu. Pada Tugas Akhir ini, akan dibuat sistem yang menggunakan 20 buah sensor suhu untuk pengukuran.

1.1 Latar Belakang Masalah

Pangan merupakan salah satu kebutuhan pokok yang dibutuhkan manusia. Tanpa gizi dan nutrisi dari pangan, manusia tidak dapat berkembang dan bertahan hidup. Di Indonesia, sebagian besar penduduknya menjadikan pangan sebagai mata pencaharian. Data yang dirangkum oleh BPS pada bulan Februari 2020 menyatakan, 29.04% masyarakat Indonesia berkerja di sektor agrikultur [1]. Angka persentase naik 1,71 % dari tahun sebelumnya, yang menunjukkan bahwa sektor agrikultur masih menjadi lapangan kerja utama dengan persentase tertinggi diikuti oleh sektor perdagangan besar dan eceran (18.63%) dan industri pengolahan (14.09%) [2].

Persentase ini tidak berubah secara signifikan di saat kondisi wabah COVID-19 yang sedang terjadi sekarang ini. Kasus yang semakin banyak mengharuskan adanya pembatasan aktivitas masyarakat sehingga menyebabkan kerugian ekonomi bagi pemilik bisnis dan munculnya pemutusan hubungan kerja terhadap tenaga kerja [3]. Tidak adanya pekerjaan bagi tenaga kerja menjadikan sektor agrikultur sebagai solusi, sehingga persentase lapangan kerja sektor agrikultur naik 0,36% pada bulan Februari 2021 [4]. Naiknya persentase ini didasari oleh tenaga kerja yang mengalami pemutusan hubungan kerja dan memilih untuk melakukan usaha pertanian di kampung halaman maupun memanfaatkan lahan di kota untuk melakukan *urban farming* atau pertanian perkotaan.

Hadirnya pertanian perkotaan memberikan dampak yang positif. Selain tenaga kerja dapat memproduksi produk pangan segar dan bergizi untuk konsumsi pribadi dan sumber penghasilan, adanya pertanian perkotaan juga mengurangi pengeluaran pangan, membuka lapangan kerja baru, serta mewujudkan pembangunan kota berkelanjutan [5].

Pada pertanian perkotaan, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk budidaya agrikultur [3], salah satunya metode hidroponik, dimana tanaman dapat berkembang tanpa tanah dengan menggunakan air sebagai medium untuk pemberian nutrisi [6]. Metode ini memiliki beberapa variabel yang harus dikontrol, seperti suhu, kelembaban, pH, air, dan EC. Pada budidaya agrikultur, suhu menjadi variabel yang sangat penting karena perubahannya berpengaruh terhadap perkembangan tanaman.

Jika suhu udara terlalu tinggi, maka enzim di dalam tanaman dapat rusak sehingga metabolisme akan terhambat. Dan apabila suhu udara terlalu rendah, maka enzim tidak akan berkerja dan metabolisme tidak akan berjalan [7]. Sehingga, tanaman harus dijaga pada suhu optimalnya untuk menghasilkan tanaman dengan kualitas yang baik seperti tanaman selada yang memiliki suhu optimal pada suhu 25 sampai 28 °C [8], tomat dengan suhu optimal 24 sampai 28 °C [9], kale dengan suhu optimal 15 sampai 20 °C [10], sawi dengan suhu optimal 15 sampai 30 °C [11], bunga krisanthemum dengan suhu optimal 20 sampai 28 °C [12] dan anggrek bulan dengan suhu optimal 15 sampai 30 °C [13]. Dengan adanya suhu optimal berbeda yang diperlukan tanaman, maka dibutuhkan rumah kaca dengan suhu yang dapat dikontrol. Namun, sebelum dilakukan pengontrolan suhu, dibutuhkan terlebih dahulu distribusi suhu yang ada pada rumah kaca.

Hadirnya revolusi industri 4.0 atau sering disebut revolusi digital di abad 21 karena adanya perkembangan komputer dan otomasi, melahirkan perkembangan teknologi mutakhir seperti *Internet of Things*, *Machine Learning*, *Artificial Intelligence* dan teknologi lainnya [14]. Perpaduan antara teknologi dan sistem agrikultur sering dikenal sebagai *smart farming* [15].

Smart farming memiliki tujuan untuk menciptakan sistem agrikultur yang lebih presisi, dengan melakukan pengambilan data yang kemudian dianalisa sehingga dapat menentukan perlakuan yang sesuai pada sistem yang ada. Terdapat 3 tipe *smart farming* yaitu teknologi akuisisi data, analisa data dan evaluasi, serta aplikasi terpresisi. Teknologi akuisisi data merupakan teknologi yang berfungsi untuk melakukan survey, pemetaan, navigasi dan *sensing*. Kemudian, analisis data merupakan teknologi yang berfungsi untuk membuat model komputer sebagai pemilihan keputusan dan manajemen data. Penggabungan akuisisi data dan analisa data akan menghasilkan aplikasi presisi [16].

Pada *smart farming*, teknologi dapat digunakan dalam proses *on farm* dan *off farm* [17]. Proses *on farm* menggunakan teknologi sebagai sarana untuk mengontrol pertanian secara langsung sehingga dapat meningkatkan hasil panen. Sedangkan, proses *off farm* menggunakan teknologi sebagai sarana untuk proses pemasaran dan distribusi hasil pertanian.

Untuk membuat sebuah sistem yang dapat melakukan pengontrolan, maka diperlukan informasi dari parameter yang akan dikontrol. Pada sistem di dalam penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya [18,19], data suhu didapatkan dengan penggunaan 1 buah sensor di 1 titik pengukuran pada bilik sehingga tidak didapatkan data distribusi suhu pada bilik yang digunakan. Nyatanya, suhu di dalam ruangan terdistribusi secara vertikal dan horizontal. Pengambilan data suhu menggunakan 1 buah sensor hanya menyatakan suhu rata rata bilik.

Pada penelitian ini, akan digunakan beberapa sensor suhu yang ditempatkan pada beberapa titik dan ketinggian untuk mendapatkan data dari suhu yang ada di dalam ruangan. Beberapa lampu pijar dengan daya yang berbeda beda akan digunakan sebagai sumber panas sehingga dapat diketahui karakteristik suhu di dalam bilik pada hasil akhir. Pengujian akan diawali dengan kalibrasi sensor dengan *thermocouple* dan dilanjutkan dengan pengukuran menggunakan bantuan mikrokontroler. Data hasil pengukuran otomatis akan diakuisi menggunakan aplikasi PLX-DAQ.

1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, terdapat masalah yang teridentifikasi yaitu :

Diperlukan informasi distribusi suhu pada rumah kaca

Dari uraian identifikasi masalah, maka didapatkan rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana sistem sensor dan akuisisi data yang digunakan untuk mendapatkan distribusi suhu?
2. Bagaimana karakteristik suhu di dalam bilik?
3. Bagaimana perancangan bilik yang digunakan?

1.3 Batasan Masalah dan Asumsi

Batasan masalah yang ada pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Purwarupa bilik memiliki ukuran 1000 mm x 600mm x 600 mm
2. Tanaman tidak digunakan saat pengujian
3. Pengujian dilakukan untuk melihat karakteristik distribusi suhu
4. Penggunaan 4 buah lampu pijar sebagai sumber panas dengan daya yang berbeda
5. Pengukuran suhu dilakukan pada jarak yang ditentukan
6. Spektrum cahaya dari lampu tidak diteliti

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah :

Merancang sistem pengukuran dan akuisisi data untuk distribusi suhu pada ruang tertutup.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah agar dapat digunakan teman teman mahasiswa sebagai acuan untuk mengembangkan sistem pengukuran distribusi suhu pada *smart farming*.

1.6 Metodologi Tugas Akhir

Metodologi Tugas Akhir yang dilakukan adalah :

1. Melakukan studi literatur.
2. Merancang simulasi sistem distribusi suhu pada bilik.
3. Merancang purwarupa bilik dengan sistem pengukuran distribusi suhu.
4. Membuat kesimpulan dari perancangan sistem pengukuran distribusi suhu.

1.7 Sistematika Penulisan

Laporan ini dibagi menjadi 5 bab, yakni sebagai berikut:

1. **Bab 1 Pendahuluan.** Bab ini berisikan latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, batasan masalah dan asumsi, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir, metodologi tugas akhir serta sistematika penulisan tugas akhir.
2. **Bab 2 Tinjauan Pustaka.** Bab ini berisikan teori teori dasar yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir seperti sensor suhu, arduino, CFD (*Computational Fluid Dynamics*), teori perpindahan kalor, dan teori termodinamika.
3. **Bab 3 Perancangan Sistem.** Dalam bab ini dipaparkan antara lain:
 - (a) Perancangan simulasi menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*)
 - (b) Desain purwarupa bilik.
 - (c) Rencana pengujian sistem.
 - (d) Rincian biaya.

4. **Bab 4 Analisis Sistem.** Bab ini berisi penjelasan mengenai realisasi rancangan sistem dan pengujian sistem secara detail.
5. **Bab 5 Simpulan dan Saran.** Bab ini berisi tentang tentang kesimpulan penelitian dan saran.

