



**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL SUHU PADA ALAT
PENGERING BERBASIS THERMAL ENERGY STORAGE**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Pendidikan Pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Disusun Oleh:
Muhammad Yudho
40040622650001

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL SUHU PADA ALAT PENGERING
BERBASIS THERMAL ENERGY STORAGE**

Diajukan Oleh : Muhammad Yudho
NIM : 40040622650001

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA BAIK OLEH

Dosen Pembimbing,



Fakhruddin Mangkusamito, S.T., M.T
NIP. 198908202019031012

Tanggal: 27 September 2026

Mengetahui

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP. 197710012001121002

Tanggal: 7 Oktober 2026

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL SUHU PADA ALAT PENGERING
BERBASIS THERMAL ENERGY STORAGE**

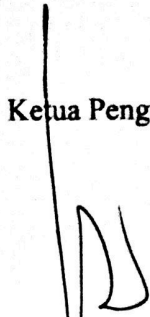
Diajukan oleh : Muhammad Yudho
NIM : 40040622650001

Telah dipertahankan di depan dewan penguji pada:

Hari : Senin

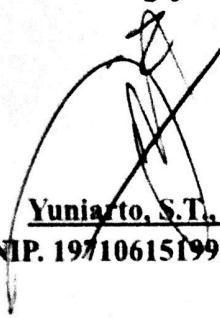
Tanggal : 28 September 2026

Ketua Penguji



Arkhan Subari, ST, M.Kom
NIP. 197710012001121002

Penguji I



Yuniarto, S.T., M.T.
NIP. 197106151998021001

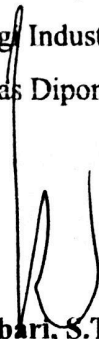
Penguji II



Fakhruddin Mangkusasmito, S.T., M.T.
NIP. 198908202019031012

Mengetahui

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP. 197710012001121002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Yudho
NIM : 40040622650001
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen
Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas
Diponegoro
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Pada Alat
Pengering Berbasis Thermal Energy Storage

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul tugas akhir ini belum pernah diajukan sebelumnya untuk mendapatkan gelar keahlian di sebuah perguruan tinggi. Sejauh pengetahuan saya, tidak ada karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang saya rujuk secara tertulis dalam naskah ini dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia mendapat sanksi sesuai Peraturan Menteri Pendidikan Nasional RI Nomor 17 Tahun 2010 dan Undang-Undang yang berlaku.

Semarang, 29 September 2026

Yang membuat pernyataan



Muhammad Yudho
NIM. 40040622650001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah melalui berbagai proses, tantangan, serta memperoleh banyak pengalaman yang berharga. Keberhasilan dalam menyelesaikan karya ini tidak terlepas dari doa, dukungan, motivasi, dan bantuan dari berbagai pihak yang senantiasa hadir dalam setiap langkah penulis. Oleh karena itu, dengan penuh rasa serta kerendahan hati, penulis mempersembahkan kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kemudahan dan kelancaran dalam penyusunan alat dan laporan tugas akhir ini.
2. Ayah, Mamah, Abi dan Umi selaku Orang Tua yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam melaksanakan pembuatan tugas akhir dan menyelesaikan laporan ini.
3. Ziega dan Bayayot selaku adik penulis yang selalu memberikan emotional support
4. Prof Dr.Ir. Budiyo, M. Si selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Bapak Arkhan Subari S. T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
6. Bapak Fakhruddin Mangkusasmito, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan arahan dan dukungan dalam penyusunan alat hingga menyetujui laporan Tugas Akhir ini.
7. Bro-bro koncet yang selalu sedia membantu saat penulis sedang kesusahan
8. Seluruh pihak yang terlibat dalam proses pembuatan laporan Tugas Akhir.

ABSTRAK

Pengeringan komoditas rempah-rempah membutuhkan tingkat temperatur yang stabil untuk mencegah degradasi mutu dan menjaga kandungan senyawa volatil. Penggunaan energi surya sebagai sumber pemanas sering kali terkendala oleh fluktuasi iradiasi matahari yang menyebabkan ketidakstabilan suhu pengeringan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem kontrol suhu pada alat pengering berbasis *Thermal Energy Storage* (TES) menggunakan media baterai pasir (*sand battery*) silika. Energi listrik dari dua panel surya berkapasitas total 1080 Wp disalurkan secara langsung ke elemen pemanas untuk menaikkan temperatur pasir. Perpindahan panas menuju ruang oven dilakukan melalui sirkulasi udara tertutup (*closed-loop*) menggunakan *blower* AC yang mengalirkan udara ke dalam instalasi pipa tembaga. Pipa transmisi diisolasi menggunakan *rockwool* untuk mencegah disipasi panas, sementara pipa di dalam oven dirancang berliku untuk meradiasikan panas secara merata. Sistem kendali mengadopsi arsitektur *master-slave* berbasis mikrokontroler. Arduino Nano bertugas membaca sensor DHT21 dan mengendalikan aktuator *blower* melalui *Solid State Relay* (SSR) menggunakan metode kontrol ON/OFF dengan histeresis pada *setpoint* 45°C. Di sisi lain, ESP32 berfungsi sebagai master pengendali antarmuka pengguna, pembaca termokopel (MAX6675), pemantau parameter kelistrikan, serta melakukan *datalogging* secara *real-time* ke *spreadsheet* berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini dirancang untuk meredam fluktuasi sumber energi surya, menjaga stabilitas suhu pengeringan secara presisi, serta meningkatkan efisiensi perpindahan panas secara berkesinambungan.

Kata Kunci: Baterai Pasir, Kontrol Histeresis, Mikrokontroler, Pengering Rempah, *Thermal Energy Storage*.

ABSTRACT

Drying spice commodities requires a stable temperature level to prevent quality degradation and preserve volatile compounds. The utilization of solar energy as a heating source is often constrained by the fluctuation of solar irradiation, causing instability in drying temperatures. This study aims to design and construct a temperature control system for a drying device based on Thermal Energy Storage (TES) using a silica sand battery medium. Electrical energy from two solar panels with a total capacity of 1080 Wp is directly supplied to the heating elements to raise the sand temperature. Heat transfer to the oven chamber is executed through a closed-loop air circulation assisted by an AC blower that forces air into a copper pipe installation. The transmission pipes are insulated with rockwool to prevent thermal dissipation, while the pipes inside the oven are wound to radiate heat evenly. The control system adopts a master-slave microcontroller architecture. The Arduino Nano functions to read the DHT21 sensor and control the blower actuator via a Solid State Relay (SSR) using an ON/OFF hysteresis control method at a 45°C setpoint. Meanwhile, the ESP32 acts as the master controlling the user interface, reading thermocouples (MAX6675), monitoring electrical parameters, and performing real-time datalogging to a spreadsheet based on the Internet of Things (IoT). This system is designed to mitigate solar energy fluctuations, maintain precise drying temperature stability, and improve the efficiency of continuous heat transfer.

Keywords: *Hysteresis Control, Microcontroller, Sand Battery, Spice Dryer, Thermal Energy Storage.*

KATA PENGANTAR

Segala puji kepada Allah SWT yang telah memberikan berkat dan rahmat-Nya kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Pada Alat Pengering Berbasis Thermal Energy Storage"

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini tidak dapat tersusun tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak berupa material maupun moral. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu selama penulis melakukan pembuatan tugas akhir, yaitu kepada :

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kemudahan dan kelancaran dalam penyusunan alat dan laporan tugas akhir ini.
2. Orang Tua penulis yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam melaksanakan pengerjaan tugas akhir dan menyelesaikan laporan ini.
3. Prof Dr.Ir. Budiyono, M. Si selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Arkhan Subari S. T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Bapak Fakhruddin Mangkusasmito, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan arahan dan dukungan dalam penyusunan alat hingga menyetujui laporan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, serta pelayanan akademik kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Saudara konceters yang selalu sedia membantu saat penulis sedang kesusahan
8. Teman-teman Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri angkatan 2022 yang telah menjadi rekan belajar, berdiskusi, dan saling memberikan semangat selama menjalani perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir.
9. Seluruh pihak yang terlibat dalam proses pembuatan laporan Tugas Akhir.

Penuh dengan kesadaran diri, bahwasanya laporan ini masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini. Sehingga menerima kritik dan saran dari semua pihak dengan senang hati. Besar harapan agar laporan ini bermanfaat bagi pribadi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Demikian yang dapat penulis sampaikan, terima kasih.

Semarang, 28 September 2026

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Muhammad Yudho

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.4 Manfaat Tugas Akhir.....	3
1.4.1 Manfaat Teoritis	3
1.4.2 Manfaat Praktis	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Tugas Akhir	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar teori	9
2.2.1 Proses Pengeringan Rempah-Rempah	9
2.2.2 Thermal Energy Storage (TES).....	9
2.2.3 Perpindahan panas secara konveksi	10
2.2.4 Power Supply	11
2.2.5 Mikrokontroler ESP32	12
2.2.6 Mikrokontroler Arduino Nano	14

2.2.7 Panel Surya Monokristal 500 WP	15
2.2.8 Elemen heater 500 watt.....	17
2.2.9 Modul Thermocouple dan MAX6675.....	17
2.2.10 Solid State Relay (SSR)	19
2.2.11 Step Down.....	20
2.2.12 LCD 20x4.....	22
2.2.13 Keypad 4X4	23
2.2.14 Pipa Tembaga	24
2.2.15 Coil Tembaga	25
2.2.16 Google Spreadsheet.....	26
2.2.17 Blynk.....	27
BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR.....	29
3.1 Metode Penyusunan	29
3.2 Perancangan hardware	31
3.2.1 Perancangan Heat Collector Coil	32
3.2.1.1 Perancangan Awal heat collector coil.....	32
3.2.1.2 Perancangan Akhir heat collector coil.....	35
3.2.1.3 Kesesuaian Rancangan dengan Tabung Dalam.....	37
3.2.1.4 Pertimbangan Rugi Tekanan	37
3.2.2 Perancangan Penempatan Thermocouple Tipe K pada Ruang Pengering ...	39
3.2.3 Perancangan Blower dan Saluran Pipa Tembaga untuk Udara	42
3.2.4 Perancangan Integrasi <i>Sand Battery</i> dengan Oven	47
3.2.5 Hasil Akhir Perancangan Mekanik.....	49
3.2.6 Perancangan Skematik PCB.....	56
3.2.6.1 POWER IN AND BUCK CONVERTER	58
3.2.6.2 MICROCONTROLLER UNIT.....	58
3.2.6.3 VOLTAGE AND CURRENT SENSOR	59
3.2.6.4 MAX6675	60
3.2.6.5 BLOWER DRIVER.....	61
3.2.6.6 JST CONNECTOR	62
3.2.7 Pembuatan Desain PCB	64

3.2.8 Interface.....	66
3.2.8.1 Battery	66
3.2.8.2 Oven	67
3.2.8.3 DHT21_BATTERY	67
3.2.8.4 DHT21_OVEN	67
3.2.8.5 Panel Utama	67
3.2.8.6 Radiasi.....	68
3.2.8.7 Run Oven	68
3.2.8.8 Stop Oven.....	68
3.3 Perancangan Software.....	69
3.3.1 Data Logging.....	71
3.3.2 Dashboard	72
BAB IV PEMBUATAN ALAT	74
4.1 Pembuatan Perangkat Keras.....	74
4.1.1 Alat dan Bahan.....	74
4.2 Hardware	77
4.2.1 Pembuatan Mekanik.....	77
4.2.2 Fabrikasi Komponen Mekanikal oleh Vendor.....	79
4.2.3 Pembuatan Heat collector coil	80
4.2.3.1 Pembuatan Coil Heat Collector versi 1	81
4.2.3.2 Pembuatan Coil Heat Collector versi 2	83
4.2.4 Pembuatan Pemanas pada Pengering	84
4.2.4.1 Fully Close Loop.....	85
4.2.4.2 Partially Close Loop.....	86
4.2.5 Pembuatan saluran pipa tembaga untuk Udara	86
4.2.6 Pemeriksaan Hasil Fabrikasi	88
4.2.7 Pemasangan <i>Coil</i> Tembaga	89
4.2.8 Pemasangan Thermocouple Tipe K	89
4.2.9 Hasil Akhir Perakitan Mekanikal	89
4.3 Perancangan Elektrikal.....	90
4.3.1 Pembuatan PCB	91

4.3.2 Koneksi dari PCB ke Komponen External.....	92
4.3.3 Penempatan dan jalur kelistrikan panel surya	94
4.4 Software	96
4.4.1 inisiasi dan Deklarasi	96
4.4.1.1 Library.....	96
4.4.1.2 Wifi.....	97
4.4.1.3 Deklarasi	100
4.4.1.4 Spreadsheet	102
4.4.1.5 Prototype	104
4.4.1.6 Interface.....	105
4.4.1.6.1 Home.....	108
4.4.1.6.2 Changing	108
4.4.1.6.3 Suhu_Battery.....	108
4.4.1.6.4 Suhu_Oven.....	109
4.4.1.6.5 DHT21_OVEN	109
4.4.1.6.6 DHT21_BATTERY.....	109
4.4.1.6.7 Panel_Utama	109
4.4.1.6.8 Radiasi.....	110
4.4.1.6.9 OvenRun & OvenStop	110
4.4.1.6.10 Restart	111
4.4.1.6.11 LCD_Restart.....	111
4.4.1.6.12 LCD_Sleep.....	111
4.4.2 Pembacaan Sensor.....	111
4.4.2.1 Thermocouple & Max6675	111
4.4.2.2 INA219.....	113
4.4.2.3 DHT21.....	114
4.4.2.4 ACS712	116
4.4.2.5 Voltage Sensor.....	118
4.4.3 Aktuator.....	121
4.4.3.1 Blower AC.....	121
4.4.4 Komunikasi Mikrokontroller	122

4.4.4.1 Program Arduino Nano	122
4.4.4.2 Program ESP32	123
4.4.5 Perhitungan	124
4.4.5.1 Delta Suhu.....	124
4.4.5.2 Radiasi Matahari	125
4.4.5.3 Histerisis.....	126
4.4.6 Data Logging.....	127
4.4.6.1 SpreadSheet Boot.....	127
4.4.6.2 SpreadSheet Pengering.....	128
4.4.6.3 SpreadSheet Baterai Pasir	129
4.4.7 Dashboard	130
BAB V HASIL DAN ANALISIS	134
5.1 Prosedur dan Metode Pengujian.....	134
5.2 Pengujian Heat Collector	137
5.3 Pengujian Laju Aliran Udara.....	138
5.4 Pengujian Kinerja pada Siang Hari	139
5.4.1 Kinerja Baterai pada Siang Hari	140
5.4.2 Kinerja Pengering pada Siang Hari.....	142
5.5 Pengujian Kinerja pada Malam Hari.....	145
5.5.1 Kinerja Baterai pada Malam Hari	145
5.5.2 Kinerja Pengering pada Malam Hari.....	147
5.6 Analisis Efisiensi Energi Termal dan Kelistrikan Aktuator	150
5.6.1 Energi Termal yang Diekstraksi dari Baterai Pasir (Qbaterai).....	150
5.6.2 Pemanfaatan Energi Termal pada Ruang Pengering (Qpengering).....	152
5.6.3 Efisiensi Termal Keseluruhan (η_{termal})	154
5.6.4 Perbandingan Daya Termal Terdistribusi terhadap Konsumsi Energi Listrik Aktuator.....	156
5.7 Analisis Perbandingan Desain <i>Heat Collector</i> dan Sistem Pemanas Pengering.....	157
5.7.1 Analisis Kinerja <i>Heat Collector</i> (Versi 1 vs Versi 2)	157
5.7.2 Analisis Sistem Pemanas Pengering (Versi 1 vs Versi 2).....	158

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	161
6.1 Kesimpulan	161
6.2 Saran.....	162
DAFTAR PUSTAKA.....	164
LAMPIRAN.....	167

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Power Supply	11
Gambar 2. 2 ESP32	12
Gambar 2. 3 Arduino Nano	14
Gambar 2. 4 Panel Surya 500wp.....	15
Gambar 2. 5 Heater 500Watt.....	17
Gambar 2. 6 Thermocouple dan MAX6675	17
Gambar 2. 7 SSR (Solid State Relay)	19
Gambar 2. 8 Modul Step Down	20
Gambar 2. 9 LCD.....	22
Gambar 2. 10 Keypad	23
Gambar 2. 11 Pipa Tembaga	24
Gambar 2. 12 Coil Tembaga	25
Gambar 2. 13 Coil Pengering.....	26
Gambar 3. 1 Diagram blok.....	31
Gambar 3. 2 Perancangan Awal Coil	32
Gambar 3. 3 Perancangan Akhir Coil	36
Gambar 3. 4 Penempatan Sensor Thermocouple	41
Gambar 3. 5 Perancangan Blower dan Saluran Udara pada Sistem Sand Battery	43
Gambar 3. 6 Rancangan Keseluruhan Oven	47
Gambar 3. 7 Susunan Komponen dan Pipa Tembaga di Dalam Oven.....	48
Gambar 3. 8 Hasil Akhir Perancangan Mekanikal Sistem Sand Battery dan Oven	50
Gambar 3. 9 Skematik PCB	56
Gambar 3. 10 Skematik Power.....	58
Gambar 3. 11 Skematik MCU.....	59
Gambar 3. 12 Skematik Sensor.....	60
Gambar 3. 13 Skematik MAX6675	61
Gambar 3. 14 Skematik Blower.....	62
Gambar 3. 15 Skematik JST Connector	63

Gambar 3. 16 Desain PCB	64
Gambar 3. 17 PCB Jalur tebal.....	65
Gambar 3. 18 PCB jalur lekuk	66
Gambar 3. 19 Flow Chart.....	70
Gambar 3. 20 Spreadsheet.....	71
Gambar 4. 1 Anemometer	81
Gambar 4. 2 Tutup Baterai	81
Gambar 4. 3 Anemometer	82
Gambar 4. 4 LCD DHT21_OVEN.....	83
Gambar 4. 5 Coil Ver 2	83
Gambar 4. 6 Anemometer	84
Gambar 4. 7 Piping pengering	85
Gambar 4. 8 piping Semi Close Loop.....	86
Gambar 4. 9 Alumunium tape	87
Gambar 4. 10 Rockwool Selongsong.....	88
Gambar 4. 11 PCB tampak depan	91
Gambar 4. 12 PCB tampak belakang	92
Gambar 4. 13 Box Panel	93
Gambar 4. 14 Sambungan Kabel	94
Gambar 4. 15 Panel Surya.....	95
Gambar 4. 16 Deklarasi Library ESP32.....	96
Gambar 4. 17 Deklarasi Library Arduino Nano.....	96
Gambar 4. 18 Deklarasi Wifi ESP32.....	97
Gambar 4. 19 Eksekusi Wifi ESP32	98
Gambar 4. 20 Pemantauan Kondisi Wifi.....	99
Gambar 4. 21 Deklarasi Library dan Data Lain ESP32	100
Gambar 4. 22 Deklarasi Library dan Data Lain Arduino Nano	101
Gambar 4. 23 Deklarasi Spreadsheet	102
Gambar 4. 24 Program pengiriman data menuju spreadsheet.....	103
Gambar 4. 25 Deklarasi fungsi software.....	104
Gambar 4. 26 Program Interface	107

Gambar 4. 27 Tampilan LCD pada Menu Suhu Battery	108
Gambar 4. 28 Tampilan LCD pada Menu Suhu Oven	109
Gambar 4. 29 Tampilan LCD pada Menu DHT21 OVEN.....	109
Gambar 4. 30 Tampilan LCD pada Menu DHT21 BATTERY	109
Gambar 4. 31 Tampilan LCD pada Menu Panel Utama	109
Gambar 4. 32 Tampilan LCD pada Menu Radiasi	110
Gambar 4. 33 Tampilan LCD pada Menu OvenRun.....	110
Gambar 4. 34 Tampilan LCD pada Menu OvenStop	110
Gambar 4. 35 Library MAX6675.....	111
Gambar 4. 36 Kode Pembacaan Hasil Data Sensor	112
Gambar 4. 37 Kode Perhitungan Rata-Rata Suhu Thermocouple	112
Gambar 4. 38 Library INA219.....	113
Gambar 4. 39 deklarasi data sensor.....	113
Gambar 4. 40 Kode Pengecekan Sensor	114
Gambar 4. 41 Kode Pembacaan Hasil Data Sensor INA219	114
Gambar 4. 42 LibraryDHT21.....	115
Gambar 4. 43 Define Pin DHT21	115
Gambar 4. 44 Inisiasi sensor	116
Gambar 4. 45 Kode Pembacaan Sensor DHT21	116
Gambar 4. 46 Library ACS712	117
Gambar 4. 47 Define Pin ACS712	117
Gambar 4. 48 Kode Pembacaan Sensor ACS712.....	118
Gambar 4. 49 Perintah Baca Sensor.....	118
Gambar 4. 50 Define Pin A0	119
Gambar 4. 51 Inisiasi Pin pada Void Loop.....	119
Gambar 4. 52 Kode Pembacaan Sensor	120
Gambar 4. 53 Kode konversi tegangan pada pin ke tegangan real	120
Gambar 4. 54 Kontrol Blower AC	121
Gambar 4. 55 Pemantauan Blower.....	122
Gambar 4. 56 Kode Pengiriman Data Arduino Nano	123
Gambar 4. 57 Kode Penerimaan Data ESP32	124

Gambar 4. 58 Kode Perhitungan Delta Suhu	125
Gambar 4. 59 Pengukuran Luas Panel	126
Gambar 4. 60 Kode Perhitungan Radiasi Sinar Matahari	126
Gambar 4. 61 Kode Perhitungan Histerisis.....	127
Gambar 4. 62 Kode SpreadSheet Boot	128
Gambar 4. 63 Kode SpreadSheet Pengering	129
Gambar 4. 64 Kode SpreadSheet Baterai Pasir.....	129
Gambar 4. 65 Potongan Program Deklarasi Objek Blynk	130
Gambar 4. 66 Potongan Program Inisialisasi Koneksi Blynk.....	131
Gambar 4. 67 Potongan Program Pengiriman Data ke Virtual Pin.....	132
Gambar 4. 68 Hasil Implementasi Antarmuka Dashboard Blynk IoT	133
Gambar 5. 1 Gambaran Sistem	135
Gambar 5. 2 Baterai Pasir	137
Gambar 5. 3 Pengering.....	139
Gambar 5. 4 Suhu Baterai Close Loop siang	141
Gambar 5. 5 Suhu Baterai Semi Close Loop Siang	141
Gambar 5. 6 Suhu Baterai Semi Close Loop Siang 2	142
Gambar 5. 7 Suhu Pengering Close Loop Siang.....	143
Gambar 5. 8 Suhu Pengering Semi Close Loop Siang.....	144
Gambar 5. 9 Suhu Pengering Semi Close Loop Siang.....	144
Gambar 5. 10 Suhu Baerai Close Loop Malam	146
Gambar 5. 11 Suhu Baterai Semi Close Loop Malam	147
Gambar 5. 12 Suhu Baterai Semi Close Loop Malam	147
Gambar 5. 13 Suhu Pengering	148
Gambar 5. 14 Suhu Pengering	149
Gambar 5. 15 Suhu Pengering	149

DAFTAR TABEL

Tabel 2 - 1 Spesifikasi PSU.....	12
Tabel 2 - 2 Spesifikasi ESP32	13
Tabel 2 - 3 Spesifikasi Arduino Nano	14
Tabel 2 - 4 Spesifikasi Panel Surya 500 Wp	16
Tabel 2 - 5 Spesifikasi Thermocouple Tipe K.....	18
Tabel 2 - 6 Spesifikasi SSR.....	20
Tabel 2 - 7 Spesifikasi Modul Step Down	21
Tabel 2 - 8 Spesifikasi Keypad.....	24
Tabel 3 - 1 Spesifikasi Heat Collector Coil.....	34
Tabel 3 - 2 Spesifikasi Rancangan Coil Kedua.....	38
Tabel 3 - 3 Penempatan Sensor Thermocouple	41
Tabel 3 - 4 Spesifikasi Blower dan Saluran Udara	46
Tabel 3 - 5 Spesifikasi Oven	49
Tabel 3 - 6 Spesifikasi Final Alat	53
Tabel 3 - 7 Alokasi Pemetaan Pin Virtual	73
Tabel 4 - 1 Daftar Bahan	75
Tabel 4 - 2 Bahan dan Komponen Prototipe	76
Tabel 4 - 3 Spesifikasi Pengerjaan Mekanikal	78
Tabel 4 - 4 Spesifikasi Tabung	80
Tabel 4 - 5 Spesifikasi Akhir.....	90
Tabel 5 - 1 Metode Pengujian	134
Tabel 5 - 2 Perubahan Energi Internal Pasir.....	152
Tabel 5 - 3 Energi Pengering.....	153
Tabel 5 - 4 Efisiensi Termal	155
Tabel 5 - 5 Energi Pengering.....	156
Tabel 5 - 6 Perbandingan Karakteristik Performa.....	159

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Program ESP32.....	167
Lampiran 1. 2 Program Arduino nano.....	189
Lampiran 1. 3 Skematik PCB.....	198
Lampiran 1. 4 Desain Layout PCB	199
Lampiran 1. 5 Data Penelitian.....	200
Lampiran 1. 6 Datasheet Arduino Nano.....	201
Lampiran 1. 7 Datasheet ESP32.....	208
Lampiran 1. 8 Datasheet ACS712	209
Lampiran 1. 9 Datasheet INA210	210
Lampiran 1. 10 Datasheet MAX6675	211
Lampiran 1. 11 Datasheet Buck Converter MP1584EN	212
Lampiran 1. 12 Datasheet LCD 20x4	213
Lampiran 1. 13 Datasheet KEYPAD 4x4.....	215