

**STUDI KOMPARASI PEMANTAUAN DAYA KELUARAN
PANEL SURYA DENGAN VARIASI *HEATSINK* SEBAGAI
SISTEM PENDINGIN PASIF BERBASIS *INTERNET OF
THINGS***



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat
Sarjana Teknik (S.T.)

Oleh:

ADAM BIMAJAYA

NIM 2101010025

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG**

2025

**STUDI KOMPARASI PEMANTAUAN DAYA KELUARAN
PANEL SURYA DENGAN VARIASI *HEATSINK* SEBAGAI
SISTEM PENDINGIN PASIF BERBASIS *INTERNET OF
THINGS***



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat

Sarjana Teknik (S.T.)

Oleh:

ADAM BIMAJAYA

NIM 2101010025

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Septia Refly, S.Pd., M.Si.
NIP. 199409092020122007

Basyaruddin Ismail Harahap, S.Pd., M.T.
NIP. 199405152024061001

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : STUDI KOMPARASI PEMANTAUAN DAYA
KELUARAN PANEL SURYA DENGAN VARIASI
HEATSINK SEBAGAI SISTEM PENDINGIN PASIF
BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Nama : Adam BimaJaya

NIM : 2101010025

Program Studi : Teknik Elektro

Telah dipertahankan di depan Dosen Penguji dan dinyatakan lulus

Pada tanggal 24 Juni 2025

Pembimbing : 1. Septia Refly, S.Pd., M.Si. (*SRefly*) 14/7-25

: 2. Basyaruddin Ismail Harahap, S.Pd., M.T. (*Basyaruddin*) 11/7-25

Susunan Tim Penguji

Ketua Penguji : Ir. Sapt Nugraha, S.T., M.Eng. (*Sapt Nugraha*) 09/07 2025

Anggota Penguji : 1. M. Hasbi Sidqi Alajuri, S.I.K., M.Si. (*Hasbi Sidqi Alajuri*) 02/07 2025

: 2. Hollanda Arief Kusuma, S.IK., M.Si. (*Hollanda Arief Kusuma*) 11/07 2025

Tanjungpinang, 24 Juni 2025

Dekan

Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman
Universitas Maritim Raja Ali Haji



Bettiza
Martaleli Bettiza., S.Si., M.Sc.

NI PDPK. 197508282021212006

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya Mahasiswa yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Adam BimaJaya

NIM : 2101010025

Tempat/Tanggal Lahir : Tanjungpinang/03 Maret 2003

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang berjudul “Studi Komparasi Pemantauan Daya Keluaran Panel Surya dengan Variasi *Heatsink* sebagai Sistem Pendingin Pasif Berbasis *Internet of Things*” adalah hasil karya ilmiah saya sendiri. Skripsi ini disusun tanpa menjiplak atau menduplikasi karya orang lain, baik secara keseluruhan maupun sebagian, kecuali pada bagian-bagian yang secara jelas dikutip dan dicantumkan sumbernya sesuai dengan aturan dan standar akademik yang berlaku. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar dan melanggar etika penulisan ilmiah serta hak atas kekayaan intelektual, saya bersedia menanggung segala konsekuensi yang berlaku.

Tanjungpinang, 24 Juni 2025
Yang membuat pernyataan



Adam BimaJaya
2101010025

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Studi Komparasi Pemantauan Daya Keluar Panel Surya dengan Variasi *Heatsink* sebagai Sistem Pendingin Pasif Berbasis *Internet of Things*" dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tidak sedikit hambatan yang dihadapi. Namun, berkat dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak, semua kendala tersebut dapat diatasi dengan baik. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang atas izin dan kehendaknya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
2. Orang tua dan saudariku yang senantiasa memberikan doa, dukungan dan kasih sayang yang tak ternilai.
3. Ibu Martaleli Bettiza, S.Si, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Dan Teknologi Kemaritiman Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH) Tanjungpinang.
4. Ibu Septia Refly, S.Pd., M.Si selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan, bimbingan dan motivasi kepada penulis.
5. Bapak Basyaruddin Ismail Harahap, S.Pd., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, dukungan dan motivasi kepada penulis.

6. Bapak Hollanda Arief Kusuma, S.IK., M.Si selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Dan Informatika Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH) Tanjungpinang.
7. Bapak Tonny Suhendra, S.T.,M.Cs selaku Koordinator Program Studi Teknik Elektro Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH) Tanjungpinang.
8. Teman Seperjuangan WDC Agus, Bimbi, Rahimin, Dewa, Faiz noor, Faiz Adhim, Ridho, Idham, Azhar, Sandy dan Carel yang saling membantu waktu, tenaga, pikiran serta saling mengingatkan dari awal perkuliahan hingga penyelesaian Skripsi ini.
9. Seluruh teman satu angkatan 2021 yang juga turut membantu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif, baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Tanjungpinang, 24 Juni 2025



Adam BimaJaya
21001010025

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
ABSTRAK.....	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Batasan Masalah.....	4
E. Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Kajian Terdahulu	7
B. Landasan Teori	9
1. Panel Surya.....	9
2. Sistem Pendingin Pasif	10
3. <i>Internet of Things</i>	11
4. ThingSpeak.....	12
C. Komponen	12
1. ESP32	12
2. Sensor INA219	13
3. Sensor DS18B20	14

4.	<i>Real time Clock (RTC) DS3231</i>	15
5.	Modul <i>Micro SD</i>	15
6.	Modem WiFi	16
7.	Adaptor DC	17
8.	Lampu DC	17
9.	<i>Step down DC</i>	18
III.	METODE PENELITIAN.....	19
A.	Waktu dan Tempat Penelitian	19
B.	Alat dan Bahan Penelitian	19
C.	Prosedur Penelitian.....	21
D.	Perancangan Sistem.....	24
1.	Perancangan <i>Hardware</i> (Desain 3D).....	25
2.	Perancangan Elektrikal.....	27
3.	Perancangan <i>Firmware</i>	30
4.	Perancangan <i>Dashboard</i>	31
E.	Pengolahan dan Analisis Data.....	32
1.	Kalibrasi Sensor	32
2.	Daya Listrik.....	34
3.	Efisiensi Sistem Pendingin Pasif Panel Surya.....	34
4.	Regresi Polinomial	35
5.	Analisis Statistik.....	37
6.	<i>Packet Delivery Ratio</i> dan <i>Delay</i>	39
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
A.	Pengembangan <i>Hardware</i>	41
B.	Pengembangan Elektrikal.....	42
C.	Pengembangan <i>Firmware</i>	43
D.	Pengembangan <i>Dashboard</i>	51
E.	Uji Fungsionalitas	52
1.	Modul RTC DS3231	52
2.	Modul Micro SD	53
3.	Sensor INA219.....	54

4. Sensor DS18B20	55
F. Uji Laboratorium.....	55
1. Kalibrasi Sensor INA219.....	55
2. Kalibrasi Sensor DS18B20.....	58
G. Uji Keseluruhan Sistem dan Uji Lapangan	60
H. Analisis Data	61
1. Pola Perbandingan Suhu dan Efisiensi Panel Surya	61
2. Pola Perbandingan Daya dan Efisiensi Panel Surya.....	65
3. Pengaruh Suhu Terhadap Daya Panel Surya.....	69
4. Analisis Varian Satu Arah.....	72
5. Analisis Jaringan	75
I. Pembahasan.....	77
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	82
A. Kesimpulan.....	82
B. Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN.....	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Ilustrasi Prinsip Kerja Panel Surya	10
Gambar 2 <i>Heatsink</i> sirip paralel	11
Gambar 3 <i>Heatsink</i> sirip pin	11
Gambar 4 ESP32 <i>Pinout</i>	13
Gambar 5 Sensor INA219	14
Gambar 6 Sensor DS18B20	14
Gambar 7 Modul RTC DS3231	15
Gambar 8 Modul <i>Micro SD</i>	16
Gambar 9 Modem WiFi	16
Gambar 10 Adaptor DC	17
Gambar 11 Lampu DC	17
Gambar 12 <i>Step down</i> DC LM2596	18
Gambar 13 Lokasi Laboratorium Teknik Elektro UMRAH	19
Gambar 14 Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 15 Diagram Blok Perancangan Sistem	24
Gambar 16 Desain 3D Dimensi <i>Heatsink</i> Paralel	26
Gambar 17 Desain 3D Dimensi <i>Heatsink</i> Pin	26
Gambar 18 Desain 3D Posisi <i>Heatsink</i>	26
Gambar 19 Perancangan Desain 3D Sistem	27
Gambar 20 Rangkaian Koneksi ESP32 dan RTC DS3231	28
Gambar 21 Rangkaian Koneksi ESP32 dan Modul <i>Micro SD</i>	28
Gambar 22 Rangkaian Koneksi ESP32 dan Sensor INA219	29
Gambar 23 Rangkaian Koneksi ESP32 dan Sensor DS18B20	29
Gambar 24 Rangkaian Elektrikal Keseluruhan Sistem	30
Gambar 25 Diagram Alir Program Perangkat	31
Gambar 26 <i>Dashboard</i> ThingSpeak	32
Gambar 27 Posisi <i>Heatsink</i> dan Sensor DS18B20	41
Gambar 28 Hasil Keseluruhan Perancangan <i>Hardware</i>	42
Gambar 29 Hasil Integrasi Keseluruhan Komponen	42
Gambar 30 <i>Library</i> yang digunakan	43
Gambar 31 Deklarasi Variabel <i>Platform</i> ThingSpeak	43
Gambar 32 Deklarasi Variabel Wifi dan NTP <i>Client</i>	44
Gambar 33 Deklarasi Objek dan Pin Komponen	44
Gambar 34 <i>Firmware</i> Fungsi koneksi <i>ds18b20</i>	45
Gambar 35 <i>Firmware</i> Fungsi <i>setupThingSpeak</i> ()	45
Gambar 36 <i>Firmware</i> Fungsi <i>cekRTC</i> ()	46
Gambar 37 <i>Firmware</i> Fungsi <i>cekSDCard</i> ()	46
Gambar 38 <i>Firmware</i> Fungsi inisialisasi <i>DS18B20</i> ()	47
Gambar 39 <i>Firmware</i> Fungsi inisialisasi <i>INA219</i> ()	47
Gambar 40 <i>Firmware</i> Fungsi <i>baca_INA219</i> ()	48
Gambar 41 <i>Firmware</i> Fungsi <i>baca_DS18B20</i> ()	48

Gambar 42 <i>Firmware</i> Fungsi <i>MicroSD_write()</i>	49
Gambar 43 <i>Firmware</i> Fungsi <i>setDataThingSpeak()</i>	49
Gambar 44 <i>Firmware</i> Fungsi <i>setup()</i>	50
Gambar 45 <i>Firmware</i> Fungsi <i>loop()</i> Bagian 1	50
Gambar 46 <i>Firmware</i> Fungsi <i>loop()</i> Bagian 2.....	51
Gambar 47 Tampilan Grafik pada <i>Platform ThingSpeak</i>	52
Gambar 48 Hasil Pengujian Fungsionalitas RTC DS3231.....	53
Gambar 49 Hasil Pengujian Fungsionalitas Modul Micro SD	53
Gambar 50 Hasil Pengujian Fungsionalitas Sensor INA219.....	54
Gambar 51 Hasil Pengujian Fungsionalitas Sensor INA219.....	55
Gambar 52 Hasil Kalibrasi Sensor INA219 dengan <i>Power supply</i> : (a) Sensor 1, (b) Sensor 2, dan (c) Sensor 3	56
Gambar 53 Hasil Kalibrasi Sensor INA219 dengan <i>Clamp meter</i> : (a) Sensor 1, (b) Sensor 2, dan (c) Sensor 3	57
Gambar 54 Hasil Kalibrasi Sensor DS18B20 dengan Termometer: (a) Sensor 1, (b) Sensor 2, dan (c) Sensor 3	59
Gambar 55 Posisi Peletakan Perangkat Penelitian di Lokasi Uji Lapangan	60
Gambar 56 Pola Perbandingan Suhu	61
Gambar 57 Pola Perbandingan Suhu Hari ke-3.....	62
Gambar 58 Perbandingan Suhu Rata-rata Harian Panel Surya	62
Gambar 59 <i>Boxplot</i> Suhu Keseluruhan	63
Gambar 60 Perbandingan Efisiensi Rata-rata Suhu	64
Gambar 61 Perbandingan Pola Daya Panel Surya.....	65
Gambar 62 Pola Perbandingan Daya Hari ke-6	66
Gambar 63 Perbandingan Daya Rata-rata Harian Panel Surya	66
Gambar 64 <i>Boxplot</i> Daya Keseluruhan	67
Gambar 65 Perbandingan Efisiensi Rata-rata Daya Panel Surya.....	68
Gambar 66 Pengaruh Suhu Terhadap Tegangan dan Arus pada Panel Surya Tanpa <i>Heatsink</i>	69
Gambar 67 Pengaruh Suhu Terhadap Tegangan dan Arus pada Panel Surya dengan <i>Heatsink</i> Paralel.....	70
Gambar 68 Pengaruh Suhu Terhadap Tegangan dan Arus pada Panel Surya dengan <i>Heatsink</i> Pin.....	70
Gambar 69 Pengaruh Suhu Terhadap Daya Panel Surya : (a) Tanpa <i>Heatsink</i> , (b) <i>Heatsink</i> Paralel, dan (c) <i>Heatsink</i> Pin.....	71
Gambar 70 Perbandingan PDR dan Jumlah Data ThingSpeak	75
Gambar 71 Pola <i>Delay</i> Keseluruhan	76
Gambar 72 Rata-rata <i>Delay</i> Harian	77

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Bahan Penelitian.....	20
Tabel 2 Alat Penelitian	21
Tabel 3 Matriks Uji Tukey	39
Tabel 4 Tabel Kategori <i>Delay</i> Standar TIPHON	40
Tabel 5 Perbandingan Rata-rata Error, Persentase Error, Persentase Akurasi dan RMSE Pengukuran Tegangan dari Sensor INA219 1, INA219 2, dan INA219 3	56
Tabel 6 Perbandingan Rata-rata Error, Persentase Error, Persentase Akurasi dan RMSE Pengukuran Arus dari Sensor INA219 1, INA219 2, dan INA219 3.....	57
Tabel 7 Perbandingan Rata-rata Error, Persentase Error, Persentase Akurasi dan RMSE Pengukuran Suhu dari Sensor DS18B20.....	59
Tabel 8 Hasil Uji ANOVA Suhu Permukaan Panel Surya.....	73
Tabel 9 Hasil Uji Tukey Suhu Permukaan Panel Surya.....	73
Tabel 10 Hasil Uji ANOVA Daya Keluaran Panel Surya.....	74
Tabel 11 Hasil Uji Tukey Daya Panel Surya	74