

**OPTIMASI OUTPUT DAYA PANEL SURYA SEBAGAI
ENERGI ALTERNATIF DENGAN SISTEM OTOMASI
BERBASIS *IOT***

TESIS

Oleh:

RIFAN HIDAYAT

2105190015



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2025**

**OPTIMASI OUTPUT DAYA PANEL SURYA SEBAGAI
ENERGI ALTERNATIF DENGAN SISTEM OTOMASI
BERBASIS *IOT***

TESIS

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.) Pada Program Studi Magister Teknik Elektro
Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia

Oleh:

Pierre Senjaya

2404198021



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

JAKARTA

2025



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA PROGRAM PASCASARJANA

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rifan Hidayat
NIM : 2105190015
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pascasarjana

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul "OPTIMASI OUTPUT DAYA PANEL SURYA SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF DENGAN SISTEM OTOMASI BERBASIS IOT" adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada tugas.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 21 Juni 2025



Rifan Hidayat
Rifan Hidayat



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
PROGRAM PASCASARJANA

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
OPTIMASI OUTPUT DAYA PANEL SURYA SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF
DENGAN SISTEM OTOMASI BERBASIS IOT

Oleh:

Nama : Rifan Hidayat
NIM : 2105190015
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Peminatan : Energi Terbarukan

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir guna mencapai gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Elektro, Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia

Jakarta, 21 Juni 2025

Pembimbing I

Pembimbing II


Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., PhD
NIDN: 32704625


Dr. Rismen Sinabela, ST., MT
NIDN: 0317116903

Ketua Program Study

Direktur



Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., PhD
NIDN: 32704625



Prof. Dr. dr. Bernadetha Nadeak, M.Pd., PA.
NIDN: 0320116402



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA PROGRAM PASCASARJANA

PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Nama : Rifan Hidayat
NIM : 2105190015
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Pascasarjana

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul "OPTIMASI OUTPUT DAYA PANEL SURYA SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF DENGAN SISTEM OTOMASI BERBASIS IOT" oleh tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji	Jabatan dalam Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Dr. Ichsan, ST, B.Sc(H), M.Sc	Sebagai Ketua	
2. Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., PhD	Sebagai Anggota	
3. Dr. Rismen Sinabela, ST., MT	Sebagai Anggota	

Jakarta, 21 Juni 2025



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA PROGRAM PASCASARJANA

PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rifan Hidayat
NIM : 2105190015
Fakultas : Pascasarjana
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Jenis Tugas Akhir : Tesis
Judul : Optimasi Output Daya Panel Surya Sebagai Energi Alternatif
Dengan Sistem Otomasi Berbasis IoT

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya/kami mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Non eksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat Di Jakarta,

Pada Tanggal 21 Juni 2025



Rifan Hidayat

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “*Optimasi Output Daya Panel Surya sebagai Energi Alternatif dengan Sistem Otomasi Berbasis IoT.*” Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik Elektro pada Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia.

Penelitian ini merupakan bentuk kontribusi penulis dalam mengkaji dan menerapkan sistem otomasi berbasis Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi energi dari panel surya sebagai solusi energi terbarukan yang berkelanjutan.

Dalam proses penyusunan tesis ini, penulis menerima banyak dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ichsan, ST, B.Sc(H), M.Sc, selaku Ketua Sidang/Penguji, atas waktu dan masukan yang berharga.
2. Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D dan Dr. Rismen Sinabela, ST., MT, selaku dosen pembimbing, atas arahan, motivasi, dan ilmu yang diberikan selama proses penelitian.
3. Para dosen, staf dan rekan-rekan di Program Magister Teknik Elektro UKI, atas ilmu dan wawasan yang telah diberikan selama masa studi
4. Kedua orang tua tercinta, atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang tak ternilai.
5. Istri tercinta, Dita Puspita Sari, SE, atas cinta, kesabaran, dan semangat yang selalu mendampingi.

Akhir kata, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang energi terbarukan dan sistem otomasi.

Jakarta, 21 Juni 2025

Rifan Hidayat

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR	i
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	ii
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI.....	iii
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH	1
1.2 IDENTIFIKASI MASALAH.....	2
1.3 PERUMUSAN MASALAH	3
1.4 BATASAN PENELITIAN	3
1.5 TUJUAN PENELITIAN	4
1.6 MANFAAT PENELITIAN	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.2 SEJARAH PANEL SURYA	6
2.2.1 PRINSIP KERJA PANEL SURYA	7
2.2.2 JENIS-JENIS PANEL SURYA.....	7
2.3 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS).....	9
2.3.1 SEL SURYA (SOLAR CELL).....	9
2.3.2 PENGENDALI DAYA SEL SURYA (<i>SOLAR CHARGE CONTROLLER</i>)	10
2.3.3 BATERAI LISTRIK	10
2.3.4 <i>INVERTER</i>	11
2.4 RADIASI HARIAN MATAHARI PADA PERMUKAAN BUMI	12

2.5 PENGARUH SUDUT DATANG TERHADAP RADIASI YANG DITERIMA	12
2.6 INTERNET OF THINGS	13
2.6.1 Penerapan Teknologi <i>Internet of Things</i> (IoT)	14
2.7 OTOMASI (AUTOMATION).....	15
2.8 MIKROKONTROLER.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	18
3.2 PERALATAN DAN BAHAN	19
3.2.1 Modul Panel Surya	19
3.2.2 Arduino Uno R3	20
3.2.3 NodeMCU ESP8266	20
3.2.4 Sensor Cahaya /Light Dependen Resistor (LDR).....	22
3.2.5 Sensor INA219	22
3.2.6 Sensor BH1750.....	23
3.3 PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PERANGKAT KERAS	24
3.3.1 PERANCANGAN SISTEM PELACAK MATAHARI	24
3.3.2 PERANCANGAN SISTEM PEMBACAAN DATA	27
3.4 PEMBUATAN BAHASA PEMROGRAMAN PERANGKAT LUNAK	28
3.4.1 PEMBUATAN PEMROGRAMAN SISTEM PELACAK MATAHARI.....	28
3.4.2 PEMROGRAMAN SISTEM PEMBACA DATA	30
3.5 VERIFIKASI PEMBACAAN SENSOR DENGAN SPREAD SHEET	33
3.6 LOKASI PENELITIAN DAN JADWAL PENELITIAN	34
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISA	35
4.1 PERANCANGAN DAN REALISASI PENELITIAN.....	35
4.2 DAYA KELUARAN	37
4.3 RASIO PERSENTASE SELISIH.....	37
4.4 HASIL PENGUJIAN.....	37

4.4.1 Hasil perhitungan Daya, Rasio, serta pengukuran Arus dan Tegangan hari pertama	38
4.4.2 Hasil perhitungan Daya, Rasio, serta pengukuran Arus dan Tegangan hari kedua.....	41
4.4.3 Hasil perhitungan Daya, Rasio, serta pengukuran Arus dan Tegangan hari ketiga.....	44
4.4.4 Hasil perhitungan Daya, Rasio, serta pengukuran Arus dan Tegangan hari keempat.....	47
4.4.5 Hasil perhitungan Daya, Rasio, serta pengukuran Arus dan Tegangan hari kelima	50
4.4.6 Hasil perhitungan Daya, Rasio, serta pengukuran Arus dan Tegangan hari keenam.....	53
4.4.7 Hasil perhitungan Daya, Rasio, serta pengukuran Arus dan Tegangan hari ketujuh	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 KESIMPULAN.....	59
5.2 SARAN.....	59
DAFTAR PUSTAKA	61

ABSTRAK

Pemanfaatan energi terbarukan merupakan solusi strategis dalam menghadapi krisis energi fosil dan perubahan iklim global. Salah satu sumber energi terbarukan yang potensial adalah energi surya, yang dapat dikonversi menjadi listrik menggunakan panel surya. Namun, efisiensi konversi energi ini sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan posisi panel terhadap matahari. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan output daya panel surya melalui penerapan sistem otomasi berbasis Internet of Things (IoT) dengan teknologi pelacak matahari (solar tracker). Sistem ini dirancang untuk memantau dan menyesuaikan posisi panel secara real-time guna memperoleh pencahayaan maksimal.

Metode yang digunakan bersifat kuantitatif, dengan pengambilan data dilakukan selama tujuh hari berturut-turut, mulai pukul 10.00 hingga 15.00. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa panel dengan sistem pelacak menghasilkan arus dan daya output yang lebih tinggi dibandingkan panel statis. Terdapat peningkatan signifikan pada daya output harian panel otomatis dibandingkan sistem konvensional. Rasio perbedaan arus mencapai nilai maksimum lebih dari 12%, sementara perbedaan tegangan menunjukkan variasi kecil namun konsisten, yang turut mendukung peningkatan performa sistem.

Berdasarkan hasil tersebut, sistem pelacak matahari berbasis IoT terbukti mampu meningkatkan efisiensi penyerapan energi surya, terutama dalam kondisi pencahayaan yang fluktuatif. Inovasi ini berpotensi besar untuk diterapkan sebagai solusi energi terbarukan yang efisien, adaptif, dan berkelanjutan.

Kata kunci: Energi terbarukan, panel surya, solar tracker, IoT, sistem otomasi, efisiensi daya

ABSTRACT

Renewable energy is becoming an important solution to reduce the use of fossil fuels and help fight climate change. One of the most promising renewable energy sources is solar energy, which can be turned into electricity using solar panels. However, the amount of electricity produced by solar panels depends a lot on how much sunlight they receive and the angle of the panel toward the sun. This study aims to improve the power output of solar panels by using an automatic tracking system based on the Internet of Things (IoT). The system can move the panel in real time to follow the sun and get more sunlight.

This research uses a quantitative method. Data was collected for seven days in a row, from 10:00 AM to 3:00 PM each day. The results show that panels with the tracking system produced more current and power than panels that stayed in a fixed position. The increase in current reached over 12%, and the voltage was also slightly better and more stable.

In conclusion, the IoT-based solar tracking system helps improve how much energy is collected from sunlight, especially when the sunlight changes throughout the day. This system has good potential to be used as a smart, efficient, and eco-friendly energy solution.

Keywords: Renewable energy, solar panel, solar tracker, IoT, automation, energy efficiency