

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN PENERING SEPATU PINTAR
DENGAN KONTROL ADAPTIF BERBASIS ESP32**



Intelligentia - Dignitas

Oleh:

SITI SALMA SALBIAH

NIM: 1501622036

Skripsi ini ditulis untuk Memenuhi Persyaratan dalam Memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama : Siti Salma Salbiah

NIM : 1501622036

Judul Skripsi : Rancang Bangun Pengereng Sepatu Pintar Dengan Kendali Adaptif Berbasis ESP32

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis skripsi / karya inovasi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta ataupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri serta dengan arahan dosen pembimbing saya.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau diplubikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya yang sesuai dengan norma yang telah berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 31 Juli 2026

Yang membuat pernyataan



Siti Salma Salbiah

NIM. 1501622036



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Siti Salma Salbiah
NIM : 1501622036
Fakultas/Prodi : Teknik/Pendidikan Teknik Elektro
Alamat email : salmasalbaee@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Rancang Bangun Pengereng Sepatu Pintar dengan Kendali Adaptif Berbasis ESP32

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 15 Agustus 2026
Penulis

(Siti Salma Salbiah)

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
BENTUK: SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Siti Salma Salbiah
NIM : 1501622036
Judul Penelitian : Rancang Bangun Pengering Sepatu Pintar Dengan Kendali Adaptif Berbasis ESP32

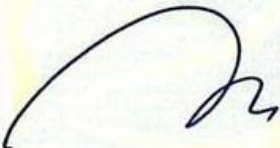
ini telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat untuk diajukan dalam ujian tugas akhir.

Jakarta, 20 Agustus 2026

Pembimbing 1,


Mochammad Djaohar, M.Sc.
NIDN. 0008037004

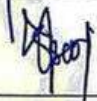
Pembimbing 2,


Aris Sunawar, S.Pd., M.T.
NIDN. 0028068201

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR BENTUK: SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Siti Salma Salbiah
 NIM : 1501622036
 Program Studi/Fakultas : Pendidikan Teknik Elektro
 Judul Penelitian : Rancang Bangun Pengering Sepatu Pintar Dengan Kontrol Adaptif Berbasis ESP32

ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan *Lulus / Tidak Lulus*)*
 Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 6 Agustus 2026
 Tim Penguji,

Ketua Penguji	Dr. Faried Wajdi, M.Pd., M.M. NUPTK. 1538739640130073	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	Sarah Najla Hanifati, S.Pd., M.Pd. NUPTK. 0956772673230342	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	Prof. Dr. Suyitno Muslim, M.Pd. NUPTK. 8159737638130053	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Mochammad Djaohar, M.Sc. NUPTK. 9635748649130142	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Aris Sunawar, S.Pd., M.T. NUPTK. 8960760661130152	

Mengetahui,
 Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati, S.Si., Apt., M.Si.
 NIDN. 0029027204

Koordinator Program Studi
 Pendidikan Teknik Elektro

Mochammad Djaohar, M.Sc.
 NIDN. 0003037004

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran ALLAH SWT, Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat ramat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Pengering Sepatu Pintar Dengan Kontrol Adaptif Berbasis ESP32” dengan baik

Penyusunan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari bantuan, dukungan, bimbingan serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Mochammad Djaohar, M.Sc., selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Elektro sekaligus Dosen Pembimbing 1.
2. Bapak Aris Sunawar S.Pd., M.Pd., selaku Dosen Pembimbing 2.
3. Seluruh dosen Program Studi Pendidikan Teknik Elektro.

Dalam penyusunan skripsi, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dan pengembangan penelitian di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan dalam pengembangan teknologi serta kontribusi positif bagi seluruh pihak yang membacanya,

Jakarta, 31 Juli 2026

Penyusun,



Siti Salma Salbiah

NIM. 1501622036

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Pengering Sepatu Pintar Dengan Kendali Adaptif Berbasis ESP32” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa perjalanan yang telah dilalui tidak terlepas dari dukungan, bantuan, doa, serta kehadiran berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Sumitro dan Ibu Sri, selaku orang tua penulis, yang senantiasa memberikan dukungan dalam berbagai bentuk, baik material maupun nonmaterial. Terima kasih atas segala ilmu, perhatian, dan bimbingan yang diberikan selama penulis tumbuh. Terima kasih kepada Ibu yang selalu menjadi tempat penulis pulang, bercerita, dan beristirahat sejenak ketika berbagai hal terasa melelahkan. Segala bentuk perhatian dan dukungan yang diberikan, termasuk hal-hal sederhana yang mungkin sering tidak penulis sadari, memiliki arti yang besar dalam perjalanan penulis. Terima kasih pula kepada Bapak yang telah banyak mengajak penulis berdiskusi, mengajarkan penulis untuk berpikir kritis, melihat suatu persoalan dari berbagai sudut pandang, serta tidak terburu-buru dalam mengambil kesimpulan. Kebiasaan berdiskusi tersebut menjadi salah satu hal yang sangat berharga bagi penulis, terutama dalam menghadapi berbagai proses akademik dan persoalan selama perkuliahan. Terima kasih telah menjadi tempat penulis bertumbuh dan kembali.
2. Abang, Ian dan Uya, yang selalu menjadi bagian penting dalam kehidupan penulis. Terima kasih atas dukungan, kebersamaan, dan segala warna yang diberikan dalam kehidupan penulis.
3. Syifa, sahabat yang telah menemani penulis selama kurang lebih sembilan tahun. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi cerita sekaligus

- menginspirasi penulis untuk terus belajar, mengembangkan diri, mempelajari bahasa, serta berani bermimpi lebih besar tentang masa depan.
4. Anis, Siska, Haliza, Atul, Juju dan Naurah, yang telah menjadi teman seperjuangan selama masa perkuliahan. Terima kasih atas waktu, tawa, candaan, perhatian, dan kebersamaan yang telah membuat berbagai proses perkuliahan terasa lebih ringan dan menyenangkan.
 5. Gege, Salwa, Puput, dan Inas, teman-teman yang telah menemani penulis sejak masa sekolah hingga saat ini. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi cerita, memberikan dukungan, dan menjadi tempat penulis merasa nyaman untuk menjadi diri sendiri.
 6. Resdya, Yayol, Nanda, Pang, Gege, Ghina dan Erga, teman-teman semasa SMA yang hingga saat ini masih menjadi teman seperjuangan dalam menyelesaikan pendidikan. Terima kasih atas kebersamaan dan dukungan yang telah diberikan. Semoga kita dapat mencapai tujuan masing-masing.
 7. Xdinary Heroes, yang menjadi salah satu bagian berarti bagi penulis selama menyusun skripsi ini. Terima kasih telah membantu penulis menemukan kembali semangat untuk melanjutkan langkah, baik melalui musik maupun teman-teman yang penulis temui selama masa skripsi. Lagu *Dreaming Girl* dan *Save Me* menjadi bagian dari masa tersebut dan memiliki tempat tersendiri bagi penulis. Kehadiran kalian secara tidak langsung membantu proses penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
 8. Teman-teman Pendidikan Teknik Elektro angkatan 2022, terima kasih atas kebersamaan, bantuan, tawa, dan berbagai pengalaman selama perkuliahan. Semoga perjuangan yang telah dilalui membawa kita menuju keberhasilan masing-masing.

Jakarta, 31 Juli 2026

Penyusun,



Siti Salma Salbiah

NIM. 1501622036

RANCANG BANGUN PENGERING SEPATU PINTAR DENGAN KONTROL ADAPTIF BERBASIS ESP32

Siti Salma Salbiah

Dosen Pembimbing: Mochammad Djaohar, M.Sc., Aris Sunawar, S.Pd.,
M.Pd.

ABSTRAK

Proses pengeringan sepatu secara konvensional masih terkendala oleh kondisi cuaca dan perbedaan karakteristik termal material sepatu seperti kulit, kanvas, dan mesh, sehingga membutuhkan durasi pengeringan yang berbeda-beda serta rentan menimbulkan kerusakan material apabila tidak dikendalikan secara tepat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe pengering sepatu pintar yang mampu mengakomodasi kebutuhan pengeringan sesuai karakteristik material sepatu, mengimplementasikan algoritma *Model Reference Adaptive Control* (MRAC) berbasis ESP32 untuk mengendalikan penurunan kelembaban relatif (RH) secara adaptif mengikuti model referensi, serta merancang sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau suhu, kelembaban, dan status pengeringan secara *real-time*. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan 4D, yaitu *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*. Sistem kendali adaptif MRAC dengan aturan MIT diterapkan untuk mengatur kecepatan kipas melalui sinyal PWM berdasarkan selisih kelembaban relatif (ΔRH) antara ruang pengering dan bagian dalam sepatu terhadap model referensi, sementara elemen pemanas PTC dioperasikan pada suhu konstan sebagai sumber energi pengeringan. Data suhu, kelembaban, dan *duty cycle* kipas dikirimkan secara *real-time* melalui ESP32 ke Google Spreadsheet menggunakan Google Apps Script. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem MRAC mampu menyesuaikan nilai adaptive gain sesuai karakteristik material, yaitu 1,45 pada kulit, 2,63 pada kanvas, dan 3,00 pada mesh, dengan *duty cycle* kipas mencapai 100% pada seluruh pengujian dan suhu chamber tetap stabil pada kisaran 28°C. Dapat disimpulkan bahwa prototipe pengering sepatu pintar berbasis MRAC dan ESP32 mampu mengendalikan penurunan kelembaban secara adaptif terhadap perbedaan karakteristik material sepatu tanpa memerlukan penyetelan parameter kendali secara manual untuk setiap jenis material.

Kata kunci: ESP32, IoT, *Model Reference Adaptive Control*, pengering sepatu adaptif

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A SMART SHOE DRYER WITH ESP32 BASED ADAPTIVE CONTROL

Siti Salma Salbiah

Supervisors: Mochammad Djaohar, M.Sc., Aris Sunawar, S.Pd., M.Pd.

ABSTRACT

Conventional shoe drying is still constrained by weather conditions and by differences in the thermal characteristics of shoe materials such as synthetic leather, canvas, and mesh, each requiring a different drying duration and prone to damage when not properly controlled. This study aims to design a smart shoe dryer prototype that accommodates drying needs according to material characteristics, to implement an ESP32-based Model Reference Adaptive Control (MRAC) algorithm to adaptively control the decrease in relative humidity (RH) following a reference model, and to design an Internet of Things (IoT)-based monitoring system for real-time temperature, humidity, and drying status. The method used is Research and Development (R&D) with the 4D model: Define, Design, Develop, and Disseminate. The MRAC controller with the MIT rule regulates fan speed through a PWM signal based on the difference in relative humidity (ΔRH) between the drying chamber and the inside of the shoe relative to a reference model, while the PTC heating element operates at a constant temperature as the drying energy source. Temperature, humidity, and fan duty-cycle data are transmitted in real time through the ESP32 to a Google Spreadsheet using Google Apps Script. Test results show that the MRAC system adjusts its adaptive gain according to material characteristics, reaching 1.45 for synthetic leather, 2.63 for canvas, and 3.00 for mesh, with the fan duty cycle reaching 100% in all tests and the chamber temperature remaining stable at around 28°C. It can be concluded that the MRAC- and ESP32-based smart shoe dryer prototype adaptively controls the decrease in humidity according to differences in shoe material characteristics, without manual adjustment of control parameters for each material type.

Keywords: adaptive shoe dryer, ESP32, IoT, Model Reference Adaptive Control

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA.....	i
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR BENTUK: SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR BENTUK: SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Pembatasan Masalah	4
1.4. Perumusan Masalah.....	5
1.5. Tujuan Penelitian.....	5
1.6. Manfaat Penelitian	6
1.6.1. Manfaat Teoritis.....	6
1.6.2. Manfaat Praktis.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. <i>Research and Development</i>	7
2.1.1. Hakikat Penelitian dan Pengembangan.....	7
2.1.2. Model Penelitian dan Pengembangan.....	8
2.2. Kelembaban Relatif (%RH).....	10
2.3. Pengering Sepatu.....	12
2.3.1. Metode Pengeringan	12

2.3.2.	Karakteristik Material Sepatu.....	13
2.4.	Sistem Kendali	16
2.4.1.	Definisi Sistem Kendali	16
2.4.2.	Sistem Loop Tertutup.....	17
2.4.3.	Sistem Kendali Adaptif.....	18
2.5.	Pengendali PID	19
2.5.1.	Konsep Pengendali PID	19
2.5.2.	Konsep Pengendali Proporsional (P)	21
2.6.	Pemodelan Matematis Sistem Termal	23
2.7.	Model Reference Adaptive Control (MRAC).....	27
2.7.1.	Konsep MRAC.....	27
2.7.2.	Model Referensi	29
2.7.3.	Aturan MIT	30
2.7.4.	Mekanisme Adaptasi.....	31
2.8.	<i>Internet of Things</i> (IoT).....	34
2.9.	ESP32	35
2.10.	Penelitian Relevan.....	36
2.11.	Kerangka Berpikir	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		40
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	40
3.2.	Metode Pengembangan	40
3.3.	Prosedur Pengembangan	40
3.3.1.	Tahap <i>Define</i>	41
3.3.2.	Tahap <i>Design</i>	42
3.3.3.	Tahap <i>Develop</i>	49
3.3.4.	Tahap <i>Desiminate</i>	50
3.4.	Instrumen dan Perangkat Penelitian	50
3.4.1.	Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	50
3.4.2.	Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	51
3.5.	Spesifikasi Alat	52
3.6.	Diagram Alur Penelitian	53
3.6.1.	Blok Diagram Alat	53

3.6.2.	Flowchart Sistem Kerja	54
3.7.	Teknik Pengambilan Data.....	56
3.7.1.	Pengujian Sensor SHT31.....	56
3.7.2.	Pengujian Elemen Pemanas	56
3.7.3.	Pengujian Catu Daya, Tegangan, Arus dan Daya Sistem	57
3.7.4.	Pengujian Respon Suhu Sistem (MRAC).....	57
3.7.5.	Pengujian kinerja Pengeringan	57
3.8.	Teknik Analisis Data	58
BAB IV	HASIL PENELITIAN.....	60
4.1.	Hasil Pengembangan Produk	60
4.1.1.	Hasil Perancangan Kontroler P	60
4.1.2.	Hasil Perancangan Model Referensi.....	64
4.1.3.	Hasil Perancangan MRAC	66
4.1.4.	Implementasi Hardware	72
4.1.5.	Implementasi Software	73
4.2.	Kelayakan Produk (Teoritik dan Empiris).....	75
4.2.1.	Pengujian Sensor	75
4.2.2.	Pengujian Elemen Pemanas	79
4.2.3.	Pengujian Tegangan, Arus, dan Daya	80
4.3.	Efektivitas Produk.....	81
4.3.1.	Pengujian Kinerja Pengeringan Material Kulit Sintesis	81
4.3.2.	Pengujian Kinerja Pengeringan Material Kanvas.....	85
4.3.3.	Pengujian Kinerja Pengeringan Material Mesh.....	90
4.3.4.	Perbandingan Hasil	95
4.3.5.	Perbandingan Pengeringan dengan Metode Radiasi.....	98
4.4.	Pembahasan	100
4.4.1.	Pembahasan Rancangan Sistem Pengering Sepatu Pintar	100
4.4.2.	Pembahasan Implementasi Prototipe Pengering Sepatu Pintar ...	100
4.4.3.	Pembahasan Kinerja Sistem Kendali MRAC dan Sistem Monitoring	101
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	103
5.1.	Kesimpulan.....	103

5.2. Saran.....	104
DAFTAR PUSTAKA	105
LAMPIRAN	107
RIWAYAT HIDUP	155

