

**IMPLEMENTASI *EMBEDDED SYSTEM* PADA PEMANTAUAN
KOTORAN PANEL SURYA BERBASIS RASPBERRY PI
MENGUNAKAN ALGORITMA CNN**



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

2025

**IMPLEMENTASI *EMBEDDED SYSTEM* PADA PEMANTAUAN
KOTORAN PANEL SURYA BERBASIS RASPBERRY PI
MENGUNAKAN ALGORITMA CNN**



Skripsi

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Sarjana
Teknik (S.T)**

Oleh:

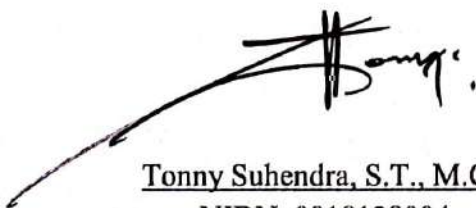
Muhammad Givanda Ariyadi

2001010006

Telah mengetahui dan disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II



Tonny Suhendra, S.T., M.Cs.
NIDN. 0018128004



Ir. Sapta Nugraha, S.T., M.Eng.
NIDN. 0013048902

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Implementasi *Embedded System* Pada Pemantauan Kotoran Panel Surya Berbasis Raspberry Pi Menggunakan Algoritma CNN
Nama : Muhammad Givanda Ariyadi
NIM : 2001010006
Program Studi : Teknik Elektro

Telah dipertahankan di depan Dosen Penguji dan dinyatakan lulus
Pada tanggal, 03 Juli 2025

Susunan Tim Pembimbing

Pembimbing : 1. Tonny Suhendra, S.T., M.Cs.
: 2. Ir. Sapta Nugraha, S.T., M. Eng.

(*Tonny*) 1/1-25
(*Sapta*)

Susunan Tim Penguji

Ketua Penguji : 1. Septia Refly, S.Pd, M.Si. (*SR*)
Anggota Penguji : 2. Hollanda Arief Kusuma, S.IK., M.Si. (*AK*)
: 3. M. Hasbi Sidqi Alajuri, S.IK., M.Si. (*AS*)

Tanjungpinang, 03 Juli 2025
Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman
Universitas Maritim Raja Ali Haji
Dekan,



Mertaleli Bettiza, S.Si., M.Sc.
NIP. 197508282021212006

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya mahasiswa yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Givanda Ariyadi

NIM : 2001010006

Tempat/Tanggal Lahir : Batam / 07 Mei 2002

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang berjudul “Implementasi *Embedded System* pada Pemantauan Kotoran Panel Surya Berbasis Raspberry Pi menggunakan Algoritma CNN” merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikasi, serta tidak mengutip sebagian atau seluruhnya karya orang lain, kecuali saya nukilkan yang setiap penukilan tersebut saya sebutkan sumbernya sesuai dengan batasan dan tata cara pengutipan.

Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan melanggar peraturan yang berlaku dalam karya tulis dan hak intelektual, maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Maritim Raja Ali Haji dan menerima sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Tanjungpinang, 03 Juli 2025

Yang membuat pernyataan



Muhammad Givanda Ariyadi

NIM. 2001010006

MOTTO



HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang”

Allhamdullilahirobbil'alamin segala puji untukMu ya Rabb atas segala kemudahan, limpahan rahmat yang begitu besar, dan karunia yang Engkau berikan selama ini. Saya persembahkan hasil karya sederhana ini untuk orang-orang yang luar biasa dan hebat khususnya berarti dalam hidup ini.

1. Orang Tua ku Tercinta, Bapak Suyadi dan Ibu Sariah

Terima kasih atas seluruh cinta dan kasih sayang dari saya kecil hingga saat ini. Untuk bapak, terima kasih telah memberikan anak mu ini pembelajaran etika dan moral. Sikap tegas mu mampu memberikan anakmu ini pengetahuan mengenai dunia luar. Untuk Ibu, terima kasih telah melahirkan anakmu ini, yang telah memberikan semua moril dan materil selama anak mu ini ada di dunia. Ucapan terima kasih tidak cukup untuk membalas seluruh keringat dan jerih payah kalian. Anak mu ini merupakan anak yang susah diatur selama di keluarga, namun doakan lah anakmu ini untuk siap berjuang di masa depan.

2. Adekku, Shidik Ariyadi

Terima kasih selalu membantu abang mu yang selalu menjahili mu. Sikap abang mu ini memang lah seperti ini. Namun itulah bentuk kasih sayang abang mu ini.

3. Bapak Tonny Suhendra, S.T., M.Cs.

Selaku pembimbing I dan dosen pembimbing akademik, terima kasih telah memberikan ilmu, meluangkan waktu untuk berdiskusi apapun itu, serta

mengeluarkan ide ide menarik yang membuat saya tertarik akan dunia pengetahuan.

4. Bapak Ir. Sapta Nugraha, S.T., M.Eng.

Selaku pembimbing II, terima kasih telah memberikan ilmu, meluangkan waktu serta pengetahuan lebih dalam menyelesaikan Skripsi ini.

5. Teman Teman HMTE Tahun 2022

Terima kasih telah membentuk pola pikiran saya pada saat aktif berorganisasi. Banyak hal yang belum didapatkan, namun bergabung dengan HMTE banyak yang dapat dipelajari serta kenangan yang banyak dilewati.

6. Teman Teman Seperjuangan Angkatan 2020

Tidak cukup untuk diucapkan disini. Kebersamaan, kesulitan, kekompakkan yang terjadi di angkatan 2020 banyak dilalui. Namun tidak akan selalu bersama, hanya kenangan yang dapat menjawab kebersamaan.

7. Diriku Sendiri

Terima kasih kepada diriku sendiri, banyak hal yang perlu dipikirkan, dicerna, dilakukan, serta diamati.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah Subhanahu Wata'ala atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Implementasi *Embedded System* pada Pemantauan Kotoran Panel Surya Berbasis Raspberry Pi menggunakan Algoritma CNN” dengan lancar. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama penulisan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas izin-Nya penulis dapat menulis penelitian ini dengan lancar dan penuh pertimbangan.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan dan menjadi motivasi dalam mengerjakan penelitian ini.
3. Ibu Martaleli Bettiza, S.Si., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman Universitas Maritim Raja Ali Haji.
4. Bapak Hollanda Arief Kusuma, S.IK., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Informatika Universitas Maritim Raja Ali Haji.
5. Bapak Tonny Suhendra, S.T., M.Cs. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing 1 yang telah membimbing penulis dan memberikan arahan dalam menuliskan skripsi ini.
6. Bapak Ir. Sapta Nugraha, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan pikiran serta masukan dalam menuliskan skripsi ini.
7. Terima kasih kepada Keluarga besar Teknik Elektro Angkatan 2020 dalam memotivasi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis khususnya. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Tanjungpinang, 03 Juli 2025



Muhammad Givanda Ariyadi



DAFTAR ISI

| | |
|--|----------|
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS..... | iii |
| MOTTO | iv |
| HALAMAN PERSEMBAHAN..... | v |
| KATA PENGANTAR..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xv |
| ABSTRAK..... | xvi |
| <i>ABSTRACT</i> | xvii |
| I. PENDAHULUAN..... | 1 |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Rumusan Masalah..... | 3 |
| C. Batasan Masalah..... | 3 |
| D. ★ Tujuan Penelitian..... | 4 |
| E. Manfaat Penelitian..... | 4 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| A. Kajian Terdahulu..... | 5 |
| B. Landasan Teori..... | 7 |
| 1. TensorFlow Lite..... | 7 |
| 2. <i>Deep Learning</i> | 9 |
| 3. <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> | 9 |
| 4. MobileNetV2..... | 17 |
| 5. <i>Transfer Learning</i> | 19 |
| 6. <i>Google Colab</i> | 19 |
| 7. <i>Confusion Matrix</i> | 20 |
| 8. <i>Embedded System</i> | 22 |
| 9. Panel Surya..... | 23 |
| C. Komponen..... | 24 |
| 1. Raspberry Pi..... | 24 |
| 2. Webcam..... | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 3. OLED | 26 |
| III. METODE PENELITIAN | 27 |
| A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan | 27 |
| B. Alat dan Bahan | 27 |
| C. Prosedur Penelitian..... | 28 |
| D. Perancangan Sistem | 30 |
| 1. <i>Flowchart</i> Sistem | 30 |
| 2. Diagram Perancangan | 31 |
| 3. Skematik Perancangan | 32 |
| 4. Perancangan Model CNN | 33 |
| 5. Pengujian Sistem..... | 35 |
| E. Analisis Data | 35 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 37 |
| A. Pengembangan <i>Hardware</i> | 37 |
| 1. Uji Fungsionalitas | 37 |
| 2. Hasil Perancangan..... | 39 |
| B. Pengembangan <i>Firmware</i> | 40 |
| 1. Dataset..... | 40 |
| 2. Model CNN..... | 42 |
| 3. Hasil Pelatihan Model..... | 44 |
| 4. Konversi Model..... | 45 |
| 5. Proses Integrasi Sistem | 46 |
| C. Uji Laboratorium..... | 49 |
| 1. Pengujian Model | 49 |
| 2. Uji Keseluruhan Sistem..... | 50 |
| D. Uji Lapangan..... | 52 |
| E. Analisis Data | 53 |
| 1. Hasil Evaluasi Kinerja Model | 53 |
| 2. Hasil Evaluasi Kinerja Sistem..... | 54 |
| 3. Analisis <i>Confidence</i> | 55 |
| 4. Analisis Suhu CPU dan Waktu Klasifikasi | 58 |
| F. Pembahasan..... | 60 |
| V. PENUTUP | 65 |
| A. Kesimpulan | 65 |

| | |
|----------------------------|-----------|
| B. Saran..... | 66 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 68 |
| LAMPIRAN..... | 75 |
| RIWAYAT HIDUP..... | 98 |



DAFTAR GAMBAR

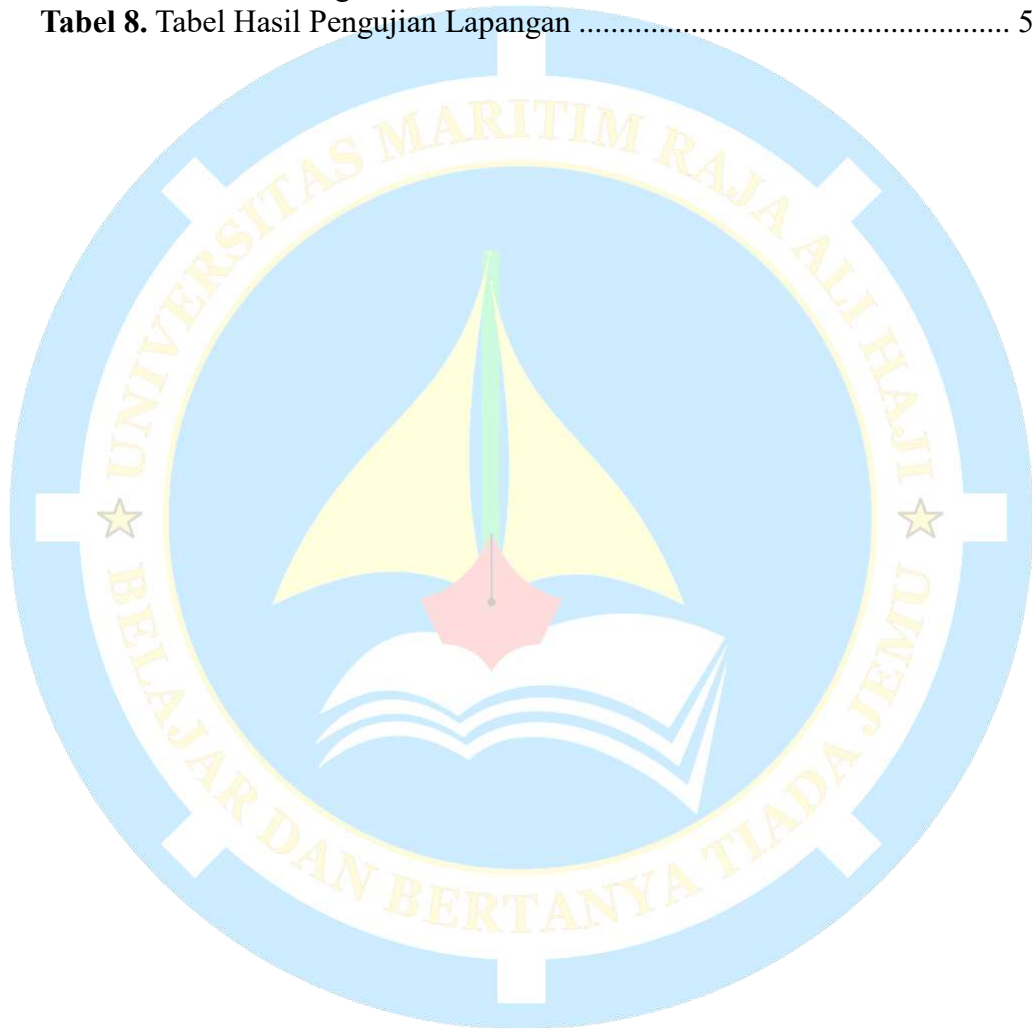
| | |
|--|----|
| Gambar 1. Diagram Alir Konversi Model TensorFlow Lite..... | 8 |
| Gambar 2. Diagram Alir <i>Deep Learning</i> dan <i>Machine Learning</i> | 9 |
| Gambar 3. Arsitektur CNN | 10 |
| Gambar 4. Perhitungan Konvolusi | 11 |
| Gambar 5. Proses Konvolusi | 12 |
| Gambar 6. <i>Pooling Layer</i> | 13 |
| Gambar 7. Ilustrasi Proses <i>Flatten</i> | 14 |
| Gambar 8. Ilustrasi <i>Fully Connected Layer</i> | 15 |
| Gambar 9. Grafik ReLU | 16 |
| Gambar 10. Grafik <i>Softmax</i> | 17 |
| Gambar 11. Visualisasi <i>Dropout</i> | 17 |
| Gambar 12. Arsitektur MobileNetV2 | 18 |
| Gambar 13. Ilustrasi Arsitektur MobileNetV2 | 19 |
| Gambar 14. Tampilan <i>Google Colab</i> | 20 |
| Gambar 15. Komponen Panel Surya | 23 |
| Gambar 16. <i>Board</i> Raspberry Pi..... | 24 |
| Gambar 17. Webcam..... | 25 |
| Gambar 18. OLED 128x64..... | 26 |
| Gambar 19. Lokasi Uji Lapangan..... | 27 |
| Gambar 20. Diagram Alir Penelitian | 29 |
| Gambar 21. Flowchart Sistem | 30 |
| Gambar 22. Diagram Perancangan | 31 |
| Gambar 23. Desain Perancangan..... | 31 |
| Gambar 24. Rangkaian Sistem Pemantauan | 32 |
| Gambar 25. Flowchart Perancangan Model CNN..... | 33 |
| Gambar 26. Tampilan OS Raspbian | 37 |
| Gambar 27. Pengujian Webcam..... | 38 |
| Gambar 28. Hasil Pengujian Webcam (a) Hasil Terminal; (b) Hasil Gambar..... | 38 |
| Gambar 29. Pengujian OLED..... | 39 |
| Gambar 30. Hasil Pengujian OLED | 39 |
| Gambar 31. Hasil Perancangan Sistem..... | 40 |
| Gambar 32. Folder Dataset | 41 |
| Gambar 33. <i>Preprocessing</i> dan Augmentasi Data | 42 |
| Gambar 34. Model CNN..... | 43 |
| Gambar 35. Pelatihan Model | 44 |
| Gambar 36. Grafik Akurasi dan Loss | 45 |
| Gambar 37. Konversi Model ke <i>TensorFlow Lite</i> | 46 |
| Gambar 38. Definisi Parameter dan Interval Waktu..... | 46 |
| Gambar 39. Fungsi <i>Preprocessing</i> | 47 |
| Gambar 40. Fungsi Klasifikasi | 47 |
| Gambar 41. Fungsi Pengambilan Gambar dan Klasifikasi..... | 47 |
| Gambar 42. Fungsi Catat Hasil Klasifikasi | 48 |
| Gambar 43. Fungsi Menampilkan Hasil Klasifikasi | 48 |
| Gambar 44. Fungsi Perulangan Klasifikasi | 49 |

| | |
|--|----|
| Gambar 45. Perintah <i>Cronjob</i> | 49 |
| Gambar 46. Hasil <i>Confusion Matrix</i> | 50 |
| Gambar 47. Uji Keseluruhan Sistem yaitu (a) Bersih; (b) Kotor | 51 |
| Gambar 48. Peletakan Alat | 53 |
| Gambar 49. Hasil <i>Confidence</i> Hari Pertama | 56 |
| Gambar 50. Hasil <i>Confidence</i> Hari Kedua | 57 |
| Gambar 51. Hasil <i>Confidence</i> Hari Ketiga | 58 |
| Gambar 52. Hasil Suhu CPU dan Waktu Klasifikasi..... | 59 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1. <i>Confusion Matrix</i> | 20 |
| Tabel 2. Spesifikasi Raspberry Pi. | 25 |
| Tabel 3. Alat yang digunakan pada penelitian | 28 |
| Tabel 4. Bahan yang digunakan pada penelitian | 28 |
| Tabel 5. Hasil Arsitektur CNN | 43 |
| Tabel 6. Hasil Data Log Kelas Bersih | 51 |
| Tabel 7. Hasil Data Log Kelas Kotor | 52 |
| Tabel 8. Tabel Hasil Pengujian Lapangan | 55 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1. Dataset Pelatihan..... | 75 |
| Lampiran 2. Hasil <i>Summary</i> dari Model | 76 |
| Lampiran 3. <i>Code</i> Pengembangan Sistem..... | 82 |
| Lampiran 4. Hasil Perhitungan <i>Confusion Matrix</i> | 83 |
| Lampiran 5. Hasil Klasifikasi Setiap Gambar Data Uji | 84 |
| Lampiran 6. Hasil Uji Keseluruhan Sistem..... | 87 |
| Lampiran 7. Hasil Uji Lapangan | 91 |
| Lampiran 8. Perhitungan Akurasi, <i>Error</i> , dan <i>Mean Square Error</i> (MSE)... | 97 |

