

**PENGEMBANGAN PERANGKAT CERDAS
BERBASIS U-NET UNTUK MEMANTAU DAUN
RUSAK TANAMAN PAKCOY AKIBAT SERANGAN
HAMA**



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK INFORMATIKA (PTI) (S1)
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
2026**



SKRIPSI

DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI TUGAS DAN MEMENUHI SYARAT-SYARAT UNTUK MENCAPAI GELAR SARJANA PENDIDIKAN

Menyetujui

| | |
|---------------|---|
| Pembimbing I | Ir. Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D. NIP.198211112008121001 |
| Pembimbing II | Dr. Ir. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs. NIP.198307252008011008 |

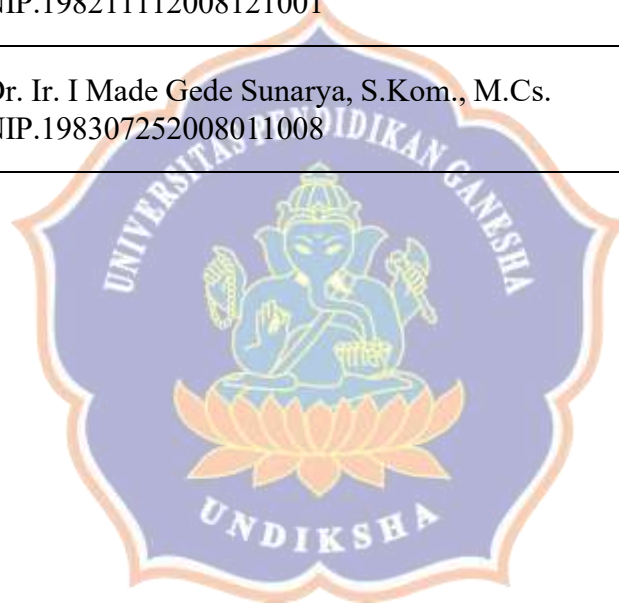


- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSrE - BSSN, validitas dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSrE
- Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

Skripsi oleh NI KOMANG DIANI ini
telah dipertahankan di depan dewan penguji
Pada tanggal 11 Juni 2026

Dewan Penguji

| | |
|---------|---|
| Ketua | Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs. NIP.198408272008121001 |
| Anggota | Dr. Bagus Gede Krishna Yudistira, M.Kom. NIP.199208122024061003 |
| Anggota | Ir. Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D. NIP.198211112008121001 |
| Anggota | Dr. Ir. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs. NIP.198307252008011008 |



- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSrE - BSSN, validitas dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSrE
- Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

Diterima oleh Panitia Ujian Fakultas Teknik dan Kejuruan
Universitas Pendidikan Ganesha
guna memenuhi syarat-syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Menyetujui

| | |
|------------------|---|
| Ketua Ujian | Ir. Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D. NIP.198211112008121001 |
| Sekretaris Ujian | Dr. phil. Dessy Seri Wahyuni, S.Kom., M.Eng. NIP.198502152008122007 |

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik dan Kejuruan



Prof. Dr. Kadek Rihendra Dantes, S.T., M.T.

NIP.197912012006041001



- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSrE - BSSN, validitas dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSrE
- Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis yang berjudul “ **Pengembangan Perangkat Cerdas Berbasis U-Net Untuk Memantau Daun Rusak Tanaman Pakcoy Akibat Serangan Hama** ” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan dan pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya saya ini atau ada klaim terhadap keaslian karya saya ini.

Singaraja, 18 Mei 2026

Yang membuat pernyataan,



Ni Komang Diani

NIM 2215051005

KATA PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Tuhan Siva, Maha Guru Sri Jaya Nara beserta Maha Ibu, atas berkat dan kasihnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Skripsi Ini Penulis Dedikasikan Kepada Ibu Tercinta dan Terkasih “Ni Ketut Sri Menuh” Yang telah mendidik dengan penuh kasih sayang, mendoakan, dan mendukung selama masa studi penulis.

Keenam bSaudara Kandung Tersayang “Rukmana, Widhi Darma Putra, Krisna Dewi (alm), Sami Arta, Siska Utari, Revan Ayu Nita,.” Yang telah mendukung serta memberikan semangat kepada penulis selama masa studi.

Seluruh Dosen Prodi Pendidikan Teknik Informatika Yang telah membimbing dan memberikan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan masa studi.

Orang Terkasih Gede Bakti Pratama Putra dan Keluarga Yang telah mendukung dan membantu penulis selama masa studi.

Almamater

Program Studi Pendidikan Teknik Informatika

Jurusan Teknik Informatika

Fakultas Teknik dan Kejuruan

Universitas Pendidikan Ganesha.

MOTTO

“TIDAK BERLARI TAPI TIDAK PERNAH BERHENTI”



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga skripsi berjudul “Pengembangan Perangkat Cerdas Berbasis U-Net Untuk Memantau Daun Rusak Tanaman Pakcoy Akibat Serangan Hama” ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan penyelesaian program sarjana Pendidikan Teknik Informatika di Universitas Pendidikan Ganesha.

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

1. Bapak Prof. Dr. I Wayan Lasmawan, M.Pd. selaku Rektor Universitas Pendidikan Ganesha, atas fasilitas dan dukungan yang diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. Kadek Rihendra Dantes, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Kejuruan atas fasilitas yang diberikan sehingga penulis bisa menyelesaikan studi dengan baik dan sesuai rencana.
3. Bapak Dr. Putu Hendra Suputra, S.Kom., M.Cs., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Informatika atas motivasi yang diberikan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Ibu Dr. phil. Dessy Seri Wahyuni, S.Kom., M.Eng., selaku Koorprodi Pendidikan Teknik Informatika.
5. Bapak Ir. Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Pembimbing I yang telah banyak memberikan motivasi, semangat, bimbingan, dan arahan dengan penuh kesabaran kepada penulis.
6. Bapak Dr. Ir. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs., selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan motivasi, semangat, bimbingan, dan arahan dengan penuh kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.
7. Bapak Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs., selaku Penguji I yang telah banyak memberikan motivasi, semangat, dan arahan dengan penuh kesabaran kepada penulis sehingga penelitian ini dapat selesai dengan baik.

8. Bapak Dr. Bagus Gede Krishna Yudistira, M.Kom., selaku Penguji II yang telah banyak memberikan motivasi, semangat, dan arahan dengan penuh kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. PT Dago Engineering dan pembimbing Living Lab terimakasih atas arahan dan motivasinya selama penelitian ini berlangsung.
10. Untuk Ibu dan Saudara kandung tersayang terima kasih sudah memberikan semangat kepada peneliti sehingga bisa menyelesaikan skripsi dengan baik.
11. Orang terkasih (2115101026). Terima kasih yang tak terhingga untuk Kakak atas segala waktu, pengertian, dan motivasi yang selalu diberikan dengan penuh kesabaran. Terima kasih sudah menjadi sosok yang sangat suportif, pekerja keras, dan selalu setia membersamai penulis melewati setiap fase pengerjaan skripsi yang penuh tantangan ini. Segala dukungan dan perjuangan yang kita lewati bersama sangatlah berarti. Semoga langkah kita berdua selalu dimudahkan agar segala tujuan dan impian yang kita bangun bersama dapat segera terwujud.
12. Sahabat seperjuangan: Angel, Famel, Wayu, Anggi, dan Dela, terima kasih telah menjadi teman berjuang dan sumber motivasi yang tidak ada habisnya.
13. Terakhir, terima kasih kepada diri sendiri. Terima kasih sudah berjuang dan bertahan sejauh ini. Memang ada banyak hal yang tidak mudah, namun kita berhasil berjalan sejauh ini tanpa berhenti. Raihlah semua tujuanmu biarkan waktu menguraikan segala kekecewaan. Teruslah melangkah, karena kemiskinan tumbang bukan oleh belas kasihan, tetapi oleh pendidikan. Terima kasih sudah bertahan.

Semoga Ida Sang Hyang Widhi Wasa senantiasa memberikan karunia-Nya. Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan, sehingga masukan, kritik, dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat yang berharga bagi kita semua.

Singaraja, 18 Mei 2026

Peneliti

DAFTAR ISI

| | HALAMAN |
|--|---------|
| PERNYATAAN..... | v |
| KATA PERSEMBAHAN..... | vi |
| MOTTO | vii |
| PRAKATA..... | viii |
| ABSTRAK..... | x |
| <i>ABSTRACT</i> | xi |
| DAFTAR ISI..... | xii |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah..... | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Rumusan Masalah..... | 4 |
| 1.5 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.6 Manfaat Hasil Penelitian..... | 5 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI..... | 6 |
| 2.1 Kajian Pustaka..... | 6 |
| 2.2.Kajian Teori..... | 12 |
| 2.2.1. Sistem Pertanian Hidroponik dan Tantangannya..... | 12 |
| 2.2.1.1 Hidroponik..... | 12 |
| 2.2.1.2 Tantangan Hidroponik..... | 14 |
| 2.2.1.3 Komoditas Hidroponik Tanaman Pakcoy..... | 15 |
| 2.2.2. Teknologi Pemantauan Otomatis Berbasis Citra Digital..... | 15 |

| | | |
|--|--|------------|
| 2.2.2.1 | Arsitektur U-Net..... | 16 |
| 2.2.2.2 | Segmentasi Semantik | 20 |
| 2.2.2.3 | Pemantauan Produksi Pertanian Berbasis Citra Digital | 21 |
| 2.2.3. | Perangkat Keras..... | 22 |
| 2.2.4. | Perangkat Lunak..... | 27 |
| 2.2.5. | Evaluasi Pengujian Perangkat dan Model U-Net..... | 28 |
| 2.2.5.1. | Pengujian Perangkat Keras..... | 29 |
| 2.2.5.2. | Categorical Cross Entropy Loss | 29 |
| 2.2.5.3. | Multiclass Dice Loss | 30 |
| 2.2.5.4. | Intersection over Union (IoU) | 31 |
| 2.2.5.5. | Dice Coefficient | 32 |
| 2.3 | Kerangka Berpikir | 35 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | | 37 |
| 3.1 | Jenis Penelitian | 37 |
| 3.2. | Tahapan Penelitian dan Pengembangan..... | 38 |
| 3.3. | Pengembangan Model U-Net..... | 42 |
| 3.4 | Pengembangan Perangkat Cerdas | 62 |
| 3.5 | Integrasi Model dan Perangkat | 64 |
| 3.6. | Implementation..... | 65 |
| 3.7. | <i>Evaluation (Final Testing)</i> | 66 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 66 |
| 4.1 | Hasil Pengembangan Sistem | 66 |
| 4.2 | Hasil Pengujian..... | 82 |
| 4.3 | Pembahasan | 97 |
| BAB V PENUTUP..... | | 103 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 103 |
| 5.2 | Saran | 105 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 107 |
| LAMPIRAN..... | | 110 |

DAFTAR TABEL

| | HALAMAN |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Penelitian Terkait | 6 |
| Tabel 3.1 Identifikasi Kebutuhan Perangkat Keras..... | 38 |
| Tabel 3.2 Identifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak..... | 40 |
| Tabel 3.3 Proses Konvolusi Arsitektur U-Net (Input 512x512x3) | 51 |
| Tabel 3.4 Rincian Hyperparamter Pelatihan Model U-Net..... | 56 |
| Tabel 4.1 Distribusi Kelas Tingkat Piksel pada Citra Data Latih dan Validasi... | 68 |
| Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Evaluasi Model U-Net Testing (5 Fold)..... | 82 |



DAFTAR GAMBAR

| | HALAMAN |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Jenis Hidroponik DFT Sumber: (<i>Smart Green Garden</i> FTK) | 13 |
| Gambar 2.2 Tanaman hidroponik rusak akibat serangan hama ulat. | 14 |
| Gambar 2.3 Arsitektur Model U-net | 17 |
| Gambar 2.4 Ilustrasi Perbedaan gambar asli, Deteksi Objek, dan Segmentasi ... | 21 |
| Gambar 2.5 Kerangka Berpikir Penelitian. | 36 |
| Gambar 3.1. Alur Penelitian..... | 37 |
| Gambar 4.1 Sampel Dataset Asli dan Hasil Labelling Manual Roboflow | 67 |
| Gambar 4.2 Visualisasi sliding window | 68 |
| Gambar 4.3 Tampilan Dashboard Pemantuan Kerusakan Tanaman Pakcoy..... | 77 |
| Gambar 4.4 Implementasi Rangkaian Elektronik kendali Motor | 78 |
| Gambar 4.5 Implementasi Kamera dan Mekanik Gerakan pada <i>Smart Green Garden</i> | 82 |
| Gambar 4.6 Grafik Perubahan Training dan Validation Loss pada Fold-5. | 84 |
| Gambar 4.7 Grafik Perubahan Accuracy pada Fold-5..... | 84 |
| Gambar 4.8 Grafik Perubahan IoU dan F1-Score Fold-5 | 85 |
| Gambar 4.9 Confusion Matrix | 86 |
| Gambar 4.10. Visualisasi perbandingan misklasifikasi. | 89 |
| Gambar 4.11 Grafik Uji Beban AI dan RAM VPS..... | 95 |
| Gambar 4.12. Validasi Hasil Pengujian Fungsional | 96 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | HALAMAN |
|--|---------|
| Lampiran 1. Arsitektur Perangkat Keras dan Perangkat Lunak | 110 |
| Lampiran 2. Rancangan Desain Penempatan Kamera | 110 |
| Lampiran 3. Wiring IoT dan CCTV | 111 |
| Lampiran 4. Lembar Validasi Dataset..... | 111 |

