

**IMPLEMENTASI *SEMI-SUPERVISED LEARNING* UNTUK
SEGMENTASI SEMANTIK MULTIKELAS PADA CITRA
DRONE KEBUN SALAK**



Tugas Akhir

Albert Tirto Kusumo
00000068083

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2025**

**IMPLEMENTASI *SEMI-SUPERVISED LEARNING* UNTUK
SEGMENTASI SEMANTIK MULTIKELAS PADA CITRA
DRONE KEBUN SALAK**



Tugas Akhir

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik

Albert Tirto Kusumo

00000068083

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2025

i

Implementasi *Semi-Supervised Learning*..., Albert Tirto Kusumo, Universitas Multimedia
Nusantara

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Albert Tirto Kusumo

Nomor Induk Mahasiswa : 00000068083

Program Studi : Teknik Komputer

Skripsi dengan judul:

IMPLEMENTASI *SEMI-SUPERVISED LEARNING* UNTUK SEGMENTASI
SEMANTIK MULTIKELAS PADA CITRA DRONE KEBUN SALAK

Merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari laporan karya tulis ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan maupun dalam penulisan laporan karya tulis ilmiah, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk mata kuliah yang telah saya tempuh.

Tangerang, 5 Januari 2026



(Albert Tirto Kusumo)

HALAMAN PERNYATAAN PENGGUNAAN BANTUAN KECERDASAN ARTIFISIAL (AI)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Albert Tirta Kusumo

NIM : 00000068083

Program Studi : Teknik Komputer

Judul Laporan : IMPLEMENTASI *SEMI-SUPERVISED LEARNING* UNTUK
SEGMENTASI SEMANTIK MULTIKELAS PADA CITRA DRONE KEBUN
SALAK

Dengan ini saya menyatakan secara jujur menggunakan bantuan Kecerdasan
Artifisial (AI) dalam pengerjaan Tugas Akhir sebagai berikut:

- ☒ Menggunakan AI sebagaimana diizinkan untuk membantu dalam menghasilkan ide-ide utama saja
- ☒ Menggunakan AI sebagaimana diizinkan untuk membantu menghasilkan teks pertama saja
- ☒ Menggunakan AI untuk menyempurnakan sintaksis dan tata bahasa untuk pengumpulan tugas
- ☐ Karena tidak diizinkan: Tidak menggunakan bantuan AI dengan cara apa pun dalam pembuatan tugas

Saya juga menyatakan bahwa:

- (1) Menyerahkan secara lengkap dan jujur penggunaan perangkat AI yang diperlukan dalam tugas melalui Formulir Penggunaan Perangkat Kecerdasan Artifisial (AI)
- (2) Mengakui telah menggunakan bantuan AI dalam tugas saya baik dalam bentuk kata, paraphrase, penyertaan ide atau fakta penting yang disarankan oleh AI dan saya telah menyantumkan dalam sitasi serta referensi
- (3) Terlepas dari pernyataan di atas, tugas ini sepenuhnya merupakan karya saya sendiri

Tangerang, 15 Januari 2026

(Albert Tirto Kusumo)



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

HALAMAN PENGESAHAN

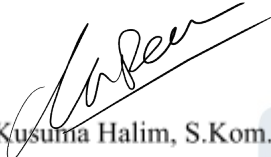
Tugas Akhir dengan judul
IMPLEMENTASI *SEMI-SUPERVISED LEARNING* UNTUK SEGMENTASI
SEMANTIK MULTIKELAS PADA CITRA DRONE KEBUN SALAK

Oleh

Nama : Albert Tirto Kusumo
NIM : 00000068083
Program Studi : Teknik Komputer
Fakultas : Teknik dan Informatika

Telah diujikan pada hari Kamis, 15 Januari 2026
Pukul 13.00 s.d 15.00 dan dinyatakan
LULUS
Dengan susunan penguji sebagai berikut.

Ketua Sidang


Dareen Kusuma Halim, S.Kom., M.Eng.Sc.
0317129202

Penguji


Samuel Hutagalung, M. T. I
0304038902

Pembimbing


Nabila Husna Shabrina, S.T., M.T.
032109930

Ketua Program Studi Teknik Komputer


Samuel Hutagalung, M.T.I

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Albert Tirto Kusumo

NIM : 00000068083

Program Studi : Teknik Komputer

Jenjang : S1

Judul Karya Ilmiah : IMPLEMENTASI *SEMI-SUPERVISED LEARNING* UNTUK SEGMENTASI SEMANTIK MULTIKELAS PADA CITRA DRONE KEBUN SALAK

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia (**pilih salah satu**):

☒ Saya bersedia memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk mempublikasikan hasil karya ilmiah saya ke dalam repositori Knowledge Center sehingga dapat diakses oleh Sivitas Akademika UMN/Publik. Saya menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial.

☐ Saya tidak bersedia mempublikasikan hasil karya ilmiah ini ke dalam repositori Knowledge Center, dikarenakan: dalam proses pengajuan publikasi ke jurnal/konferensi nasional/internasional (dibuktikan dengan *letter of acceptance*) **.

☐ Lainnya, pilih salah satu:

- ☐ Hanya dapat diakses secara internal Universitas Multimedia Nusantara
- ☐ Embargo publikasi karya ilmiah dalam kurun waktu 3 tahun.

Tangerang, 5 Januari 2026

(Albert Tirto Kusumo)

* Pilih salah satu

** Jika tidak bisa membuktikan LoA jurnal/HKI, saya bersedia mengizinkan penuh karya ilmiah saya untuk dipublikasikan ke KC UMN dan menjadi hak institusi UMN.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir berjudul “IMPLEMENTASI *SEMI-SUPERVISED LEARNING* UNTUK SEGMENTASI SEMANTIK MULTIKELAS PADA CITRA DRONE KEBUN SALAK”, yang disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara. Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menghadapi berbagai kendala dan tantangan, sehingga dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak memiliki peranan yang sangat penting dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

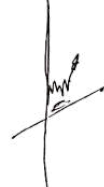
1. Ir. Andrey Andoko, M.Sc. Ph.D., selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
2. Bapak Dr. Eng. Niki Prastomo, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Universitas Multimedia Nusantara.
3. Bapak Samuel Hutagalung, M.T.I., selaku Ketua Program Studi Universitas Multimedia Nusantara.
4. Ibu Nabila Husna Shabrina, S.T., M.T., sebagai Pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi atas terselesainya tugas akhir ini.
5. Keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. EPICS in IEEE, yang telah memberikan kepercayaan melalui dukungan pendanaan pada program MySalak. Hibah dan fasilitas yang diberikan menjadi fondasi vital bagi kelancaran riset dan pengembangan proyek di lapangan yang menjadi basis dari skripsi ini.
7. Rekan-rekan seperjuangan dalam tim MySalak yang di antaranya adalah Muhammad Fathan Ridhwan, Rifqi Habib Ur Rahman, Paskasius Gian

Avila Putra, Emily Francesca Gouw, Deswandy Wong, Najy Nabil Indrianto, Kanza Amanda, dan Dimas Takeda Wukir Tirtowidjojo. Terima kasih atas kerja keras, kolaborasi, dan dinamika tim yang luar biasa dalam merealisasikan proyek ini bersama.

8. Seluruh teman-teman Teknik Komputer angkatan 2022. Terima kasih telah menjadi kawan seperjalanan yang solid, atas segala hiburan di tengah kepenatan, serta dukungan semangat dari awal perkuliahan hingga kita berada di titik ini. Solidaritas kalian membuat masa-masa sulit menjadi lebih mudah dilalui.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat nyata, memperluas wawasan, serta menjadi referensi yang berguna bagi civitas akademika Universitas Multimedia Nusantara maupun para pembaca khususnya di bidang Teknik Komputer. Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi pengembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Tangerang, 5 Januari 2026



(Albert Tirto Kusumo)

UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

IMPLEMENTASI *SEMI-SUPERVISED LEARNING* UNTUK SEGMENTASI SEMANTIK MULTIKELAS PADA CITRA DRONE KEBUN SALAK

(Albert Tirto Kusumo)

ABSTRAK

Manajemen monitoring hama lalat buah di perkebunan salak Paguyuban Mitra Turindo memerlukan basis data spasial untuk mendukung program ekspor dengan strategi *Area-Wide Integrated Pest Management* (AW-IPM). Sebagai kolaborator riset, MySalak turut membantu dengan penyediaan peta mosaik kawasan kebun salak. Namun, menghadapi kendala tingginya sumber daya yang dibutuhkan untuk anotasi manual elemen lingkungan pada setiap lahan untuk keperluan *Pest Risk Assessment* (PRA). Upaya pemanfaatan model *Deep Learning* sebelumnya masih terbatas pada segmentasi biner (*Salak* dan *Background*) sehingga belum mampu merepresentasikan objek lingkungan lainnya. Mengatasi hal tersebut, penelitian ini mengembangkan model *semi-supervised semantic segmentation* multikelas berbasis kerangka kerja DiverseNet dengan arsitektur UNet++ dan *backbone* MobileNetV2 melalui strategi penanganan ketidakseimbangan kelas untuk mensegmentasikan tujuh kelas ekologis spesifik secara efisien. Model dilatih menggunakan 1.000 citra *drone* dengan variasi proporsi data berlabel terbatas (2% hingga 20%) untuk mengamati efisiensi data. Fokus utama evaluasi adalah kemampuan model mempertahankan kualitas deteksi kelas Salak dengan $\text{IoU} > \pm 0,8$ sebagai parameter keberhasilan utama, sementara metrik seperti mIoU, F1-Score, *precision*, *recall*, dan *Overall Accuracy* digunakan sebagai metrik pendukung kestabilan performa pada model terhadap kelas tambahan pula. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model berhasil mempertahankan konsistensi IoU kelas Salak di atas $\pm 0,8$ pada seluruh skenario dengan yang tertinggi adalah $0,8534 \pm 0,0275$, didukung performa generalisasi terbaik dicapai pada skenario 5% data berlabel (mIoU $0,4956 \pm 0,0262$ dan F1-Score $0,6091 \pm 0,0370$). Temuan ini membuktikan bahwa metode yang diusulkan mampu memberikan solusi pemetaan yang efisien dan akurat bagi tim MySalak tanpa mendegradasi performa deteksi pada komoditas utama.

Kata kunci: AW-IPM, *Deep learning*, *Semi-Supervised Learning*, *DiverseNet*, *Semantic Segmentation*

IMPLEMENTATION OF SEMI-SUPERVISED LEARNING FOR MULTICLASS SEMANTIC SEGMENTATION ON SNAKEFRUIT PLANTATION DRONE IMAGERY

(Albert Tirto Kusumo)

ABSTRACT (English)

Fruit fly pest monitoring management in the Paguyuban Mitra Turindo salak plantations requires a spatial database to support export programs with Area-Wide Integrated Pest Management strategy (AW-IPM). As a research collaborator, MySalak assists by providing mosaic maps of the plantation area. However, significant challenges arise from the high resources required for manual annotation of environmental elements in each plot for Pest Risk Assessment (PRA) purposes. Previous deep learning utilization efforts were limited to binary segmentation (Salak and Background), thus failing to adequately represent other environmental objects. To address these limitations, this study develops a multiclass semi-supervised semantic segmentation model based on the DiverseNet framework with UNet++ architecture and MobileNetV2 backbone, employing class imbalance handling strategies to efficiently segment seven specific ecological classes. The model was trained using 1,000 drone images with varying proportions of limited labeled data (2% to 20%) to observe data efficiency. The primary evaluation focus was the model's ability to maintain Salak class detection quality with an $\text{IoU} > \pm 0.8$ as the main success parameter, while metrics such as mIoU , F1-Score , Precision , Recall , and Overall Accuracy served as supporting indicators of model performance stability regarding the additional classes. Test results showed that the model successfully maintained consistent Salak class IoU above ± 0.8 across all scenarios, with a peak of 0.8534 ± 0.0275 , supported by the best generalization performance achieved in the 5% labeled data scenario (mIoU 0.4956 ± 0.0262 and F1-Score 0.6091 ± 0.0370). These findings demonstrate that the proposed method offers an efficient and accurate mapping solution for the MySalak team without degrading detection performance on the primary commodity.

Keywords: AW-IPM, Deep learning, Semi-Supervised Learning, DiverseNet, Semantic Segmentation

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ii
HALAMAN PERNYATAAN PENGGUNAAN BANTUAN KECERDASAN ARTIFISIAL (AI)	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT (English)</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Pertanyaan Penelitian	11
1.3 Batasan Penelitian	11
1.4 Tujuan Penelitian	13
1.5 Manfaat Penelitian	13
1.6 Sistematika Penulisan	14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	15
2.1 Justifikasi Solusi	15
2.2 Tinjauan Teori	22
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM	47
3.1 Metode Penelitian	47
3.2 Perancangan Modul	48
3.3 Pengujian Inferensi dan Visualisasi Segmentasi	64
BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	70
4.1 Spesifikasi Sistem	70
4.2 Implementasi Solusi	71
4.3 Hasil Pengujian & Analisis Solusi	93
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	114
5.1 Simpulan	114
5.2 Saran	115
DAFTAR PUSTAKA	117
LAMPIRAN	122

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arsitektur MobileNetV2	34
Tabel 3.1 Peta Konversi RGB ke Indeks Kelas	53
Tabel 3.2 Konfigurasi Hyperparameter Pelatihan Model	59
Tabel 4.1 Distribusi Persentase Piksel per Kelas pada Setiap Skenario Pemisahan Data	93
Tabel 4.2 Perbandingan IoU per Kelas Baseline DeepLabV3+ ResNet50	96
Tabel 4.3 Performa Model Baseline DeepLabV3+ ResNet50 pada Berbagai Skenario Data	97
Tabel 4.4 Perbandingan IoU per Kelas Baseline UNet++ MobileNetV2	98
Tabel 4.5 Performa Model Baseline UNet++ MobileNetV2 pada Berbagai Skenario Data	100
Tabel 4.6 Perbandingan IoU per Kelas Baseline V2 DeepLabV3+ Xception	102
Tabel 4.7 Performa Model Baseline V2 DeepLabV3+ Xception pada Berbagai Skenario Data	103
Tabel 4.8 Perbandingan IoU per Kelas Baseline V2 UNet++ MobileNetV2	105
Tabel 4.9 Performa Model Baseline V2 UNet++ MobileNetV2 pada Berbagai Skenario Data	106
Tabel 4.10 Representasi Warna Kelas Segmentasi	109



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur framework DiverseNet [11]	29
Gambar 2.2 Arsitektur UNet++ [31]	31
Gambar 2.3 Struktur Inverted Residual Block [32]	33
Gambar 2.4 Arsitektur DeepLabV3+ [33]	35
Gambar 2.5 Arsitektur Xception [38]	37
Gambar 2.6 Mekanisme Depthwise Separable Convolution [38]	38
Gambar 2.7 Residual Learning Block dan Bottleneck Block pada ResNet-50 [39]	40
Gambar 2.8 Contoh Tabel Pest Risk Assessment [6]	42
Gambar 3.1 Alur penelitian	48
Gambar 3.2. Contoh potongan gambar dari setiap kelas terlabel.	50
Gambar 3.3 Contoh tools yang digunakan saat anotasi	51
Gambar 3.3 Alir Inferensi	65
Gambar 4.1 Penambahan kelas pada workspace DarwinV7	73
Gambar 4.2 Distribusi citra pada workspace DarwinV7	73
Gambar 4.3 Contoh citra yang sudah dianotasi kelas salak	74
Gambar 4.4 Contoh citra yang sudah dianotasi secara lengkap	74
Gambar 4.5 Ekspor citra pada workspace DarwinV7	75
Gambar 4.6 Logika inti dari fungsi patchify_single_image()	77
Gambar 4.8 Visualisasi hasil pemotongan patch masks setelah diubah ke format grayscale	78
Gambar 4.9 Implementasi operasi vektorisasi untuk akumulasi piksel dan kalkulasi persentase kelas	80
Gambar 4.10 Contoh Implementasi backbone MobileNetV2 Encoder	82
Gambar 4.11 Contoh Modifikasi Wrapper pada kelas UNet++ untuk mendukung luaran Multi-Head	83
Gambar 4.12 Algoritma Sqrt-Damped Class Weighting	84
Gambar 4.13 Konfigurasi threshold_dict per kelas untuk Pseudo-Labeling	85
Gambar 4.14 Siklus pelatihan dengan integrasi log WandB	86
Gambar 4.15 Kelas StreamSegMetrics untuk perhitungan metrik pelatihan	87
Gambar 4.16 Implementasi strategi sliding window dengan rekonstruksi overlap untuk evaluasi citra utuh	88
Gambar 4.17 Implementasi kode perhitungan metrik evaluasi	89
Gambar 4.18 Hasil implementasi pelaporan evaluasi dengan format Excel	90
Gambar 4.19 Implementasi normalisasi citra dengan standar ImageNet	91
Gambar 4.20 Implementasi kode peta overlay dan peta difference	92

Gambar 4.21 Keluaran analisis hasil inferensi model pada sebuah citra	93
Gambar 4.22 Visualisasi hasil segmentasi pada area vegetasi padat	110
Gambar 4.23 Visualisasi hasil segmentasi pada lingkungan campuran	111
Gambar 4.24 Visualisasi hasil segmentasi pada lingkungan campuran	113



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A - Turnitin	122
Lampiran B - Konsultasi Bimbingan	128
Lampiran C - Formulir Penggunaan Perangkat Kecerdasan Artifisial (AI)	130

