

**KLASIFIKASI CITRA REMPAH BAHAN DASAR
PEMBUATAN BUMBU BALI BASE GENEP
BERBASIS *DEEP LEARNING*
DENGAN YOLOV8**



**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
SINGARAJA
2025**

KLASIFIKASI CITRA REMPAH BAHAN DASAR
PEMBUATAN BUMBU BALI BASE GENE
BERBASIS *DEEP LEARNING*
DENGAN YOLOV8



TESIS

Oleh

I PUTU WIDIA PRASETIA

NIM 2229101053

PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
SINGARAJA

2025

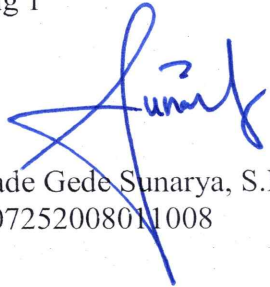


LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tesis atas nama I Putu Widia Praselia ini telah diperiksa dan disetujui untuk mengikuti Ujian Tesis.

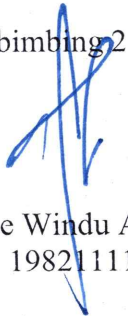
Singaraja, 11 Juli 2025

Pembimbing 1



Dr. Ir. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198307252008011008

Pembimbing 2



Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198211112008121001

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Tesis oleh I Putu Widia Prasetya ini telah dipertahankan di depan tim penguji dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Komputer di Program Studi Ilmu Komputer, Program Pascasarjana, Universitas Pendidikan Ganesha.

Disahkan pada tanggal :

oleh
Tim Penguji

.....


Ketua (Dr. Ir. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.)
NIP. 198307252008011008

.....


Anggota (Made Windu Antara Kesiman, M.Sc., Ph.D.)
NIP. 198211112008121001

.....


Anggota (Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs.)
NIP. 198408272008121001

.....


Anggota (Kadek Yota Ernanda, S.Kom., M.T., Ph.D.)
NIP. 197803242005011001

Mengetahui Direktur
Program Pascasarjana Undiksha,


DIREKTUR

Prof. Dr. I Nyoman Jampel, M.Pd.
NIP. 195910101986031003

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Komputer dari Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas dan sesuai dengan norma, kaidah, serta etika akademis.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Singaraja, 28 Juli 2025
Yang memberi pernyataan,



(I Putu Widia Prasetia)

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah-Nya, sehingga tesis yang berjudul “Klasifikasi Citra Rempah Bahan Dasar Pembuatan Bumbu Bali Base Genep Berbasis *Deep Learning* Dengan YOLOv8” dapat diselesaikan sesuai dengan yang direncanakan.

Penulis menemui beberapa hambatan dan kesulitan dalam penyusunan tesis ini, namun berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, hambatan dan kesulitan tersebut dapat Penulis atasi, oleh karena itu pada kesempatan ini Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. I Wayan Lasmawan, M.Pd. sebagai Rektor Universitas Pendidikan Ganesha, yang telah memberikan bantuan secara moril dan memfasilitasi berbagai kepentingan studi, selama Penulis menempuh pendidikan di Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha.
2. Bapak Prof. Dr. I Nyoman Jampel, M.Pd. Direktur Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha, yang telah banyak memberikan pengarahan serta petunjuk hingga terselesaikannya tesis ini.
3. Bapak Dr. Ir. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs. sebagai Ketua Program Studi Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Ganesha yang telah banyak membantu dan memotivasi penulis selama menjalani pendidikan dan penulisan tesis ini.
4. Bapak Dr. Ir. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs. sebagai Dosen Pembimbing I yang dengan sabar membimbing, mengarahkan, dan memberikan motivasi

yang demikian bermakna, sehingga penulis mampu melewati berbagai halangan dalam perjalanan studi dan penyelesaian tesis ini.

5. Bapak Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk yang bermanfaat serta memacu semangat Penulis sehingga tesis ini dapat terwujud dengan baik sesuai harapan.
6. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staf, yang telah memberikan pelajaran kepada Penulis selama mengikuti pendidikan di Program Studi Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Ganesha.
7. Segenap keluarga tercinta, Bapak, Ibu, dan Saudara yang telah banyak membantu memberikan semangat dan motivasi serta dukungan moril dan materiil dalam penulisan tesis ini.
8. Seluruh rekan, teman dan pihak yang tidak dapat Penulis sebutkan satu-per satu atas bantuan secara langsung maupun tidak langsung dalam penulisan tesis ini.

Akhir kata Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan tesis ini dan Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan ke depannya.

Singaraja, 28 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	7
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Rumusan Masalah.....	8
1.5 Tujuan Penelitian	8
1.6 Manfaat Penelitian	9
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	10
2.1 Bumbu Bali Base Genep.....	10
2.2 Tanaman Rimpang dan Rempah.....	12
2.3 Deteksi dan Klasifikasi Objek dalam <i>Deep Learning</i>	15
2.4 Anotasi Data.....	17
2.4.1. Bounding Box	18
2.5 <i>Deep Learning</i>	20
2.6 CNN (<i>Convolutional Neural Networks</i>)	22
2.7 YOLO (<i>You Only Look Once</i>)	36
2.8 <i>Intersection over Union (IoU)</i>	45
2.9 Multi-Label <i>Confusion matrix</i>	46
2.10 Kajian Penelitian Terkait	48
2.11 Hipotesis Penelitian	54

BAB III METODE PENELITIAN	55
3.1 Tahapan Penelitian.....	55
3.2 Akuisisi Data.....	56
3.3 Pembentukan Dataset.....	59
3.3.1 Anotasi Data.....	59
3.3.2 Pembagian Dataset	60
3.3.3 Augmentasi Dataset	61
3.4 Pelatihan Model	61
3.4.1 YOLOv8n.....	64
3.4.2 YOLOv8s	66
3.4.3 YOLOv8m	67
3.4.4 YOLOv8l	68
3.4.5 YOLOv8x.....	70
3.5 Pengaturan dan <i>Hyperparameter Training</i>	71
3.6 Tahapan Pengujian & Evaluasi Model	76
3.7 Menentukan Model Terbaik.....	78
BAB IV HASIL PENELITIAN & PEMBAHASAN	81
4.1 Proses Akuisisi Data Citra Rempah.....	81
4.2 Pembentukan Dataset.....	85
4.2.1 Anotasi Data.....	85
4.2.2 Pembagian Dataset	87
4.2.3 Augmentasi Dataset	87
4.3 Implementasi Model Klasifikasi Citra Rempah dengan YOLOv8	89
4.3.1 Konfigurasi Hyperparamater Pelatihan Model	90
4.3.2 Proses Pelatihan Model	93
4.4 Menentukan Model Terbaik.....	108
4.4.1 Pengujian Metrik F1-Score sebagai kriteria benefit.....	112
4.5 Evaluasi Hasil Performansi Model YOLOv8 dalam Klasifikasi Citra Rempah	114
4.5.1 Uji Coba Pengaruh Penggunaan Augmentasi Data.....	114
4.5.2 Model Terbaik.....	116

4.5.3 <i>Confusion Matrix</i>	117
4.5.4 Evaluasi <i>Intersection over Union</i> (IoU).....	122
4.5.5 Pembahasan Hasil Evaluasi Model	129
BAB V PENUTUP	137
5.1 Kesimpulan	137
5.2 Saran	139
DAFTAR PUSTAKA	142
LAMPIRAN.....	150



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bumbu Bali Base Genep	11
Gambar 2.2. Tanaman Rempah.....	13
Gambar 2.3. Proses <i>Bounding Box</i> pada objek rempah.	19
Gambar 2.4. Kaitan antara AI, ML, dan DL	20
Gambar 2.5. Layer Arsitektur CNN.....	24
Gambar 2.6. Ilustrasi Proses Kovolusi.....	25
Gambar 2.7. Perhitungan Konvolusi Tahap 1.....	26
Gambar 2.8. Perhitungan Konvolusi Tahap 2.....	26
Gambar 2.9. Hasil Akhir Perhitungan Operasi Konvolusi Dengan Filter 3x3 dan <i>Stride</i> 1	26
Gambar 2.10. Hasil Perhitungan Operasi Konvolusi Dengan Filter 3x3 dan <i>Stride</i> 2.....	27
Gambar 2.11. Hasil Operasi konvolusi dengan filter 3x3, <i>Stride</i> 1 dan <i>Padding</i> 1	28
Gambar 2.12. Ilustrasi Proses Pooling.....	29
Gambar 2.13. Operasi Max Pooling Tahap 1.....	29
Gambar 2.14. Operasi Max Pooling Tahap 2.....	30
Gambar 2.15. Hasil Operasi Max Pooling	30
Gambar 2.16. Operasi <i>Average Pooling</i> Dengan Ukuran Filter 2 dan <i>Stride</i> 2	31
Gambar 2.17. Fungsi Aktivasi ReLu	32
Gambar 2.18. <i>Fully Connected Layer</i>	33
Gambar 2.19. Operasi <i>Fully Connected Layer</i>	34
Gambar 2.20. Contoh Ilustrasi Perhitungan Aktivasi <i>Softmax Loss Function</i>	35
Gambar 2.21. Ilustrasi proses implementasi algoritma YOLO.....	38
Gambar 2.22. Arsitektur YOLOv8	42
Gambar 2.23. Detail Struktur Arsitektur YOLOv8.....	44
Gambar 2.24. Diagram Struktur Detail Jaringan YOLOv8.	44
Gambar 2.25. Gambaran Ilustrasi IoU	46
Gambar 2.26. Multi-Label <i>Confusion matrix</i>	47
Gambar 3.1. Tahapan Penelitian	55
Gambar 3.2. Contoh Sampel Data Citra Kunyit, Jahe, Kencur, Lengkuas, Merica, dan Ketumbar	58
Gambar 3.3. Contoh Gambar Anotasi Dataset.....	60
Gambar 3.4. Pembagian Dataset Citra Rempah.....	60

Gambar 3.5. Dataset Citra Rempah Setelah dilakukan Augmentasi Data	61
Gambar 3.6. Bagan Metode Penelitian	62
Gambar 3.7. Ilustrasi Klasifikasi Citra Rempah Menggunakan YOLOv8	64
Gambar 3.8. Multiclass <i>Confusion matrix</i>	77
Gambar 4.1. Proses Akuisisi Data Citra Rempah.	84
Gambar 4.2. Contoh Data Citra Rempah yang berhasil diakuisisi.....	84
Gambar 4.3. Proses Anotasi Data Citra Menggunakan <i>Tools</i> Roboflow.....	86
Gambar 4.4. Contoh Citra Rempah yang sudah dianotasi	86
Gambar 4.5. Pembagian Dataset Citra Rempah.....	87
Gambar 4.6. Dataset Citra Rempah Setelah dilakukan Augmentasi Data	89
Gambar 4.7. Grafik Loss dan Metrik Evaluasi Model Skenario S2 (YOLOv8s-AdamW)	100
Gambar 4.8. (a) <i>Confusion matrix</i> & (b) <i>Confusion matrix Normalized</i> Model Skenario S2 (YOLOv8s-AdamW)....	102
Gambar 4.9. Grafik Loss dan Metrik Evaluasi Model Skenario M3 (YOLOv8m-SGD) 103	
Gambar 4.10. (a) <i>Confusion matrix</i> & (b) <i>Confusion matrix Normalized</i> Model Skenario M2 (YOLOv8m-SGD).....	104
Gambar 4.11. Grafik Hasil 15 Skenario Pelatihan Model	106
Gambar 4.12. <i>Confusion matrix</i> Model Skenario M3 dengan data <i>testing</i>	118
Gambar 4.13. Visualisasi Hasil Deteksi Model YOLOv8m-SGD pada citra rempah. ...	121
Gambar 4.14. Visualisasi Hasil Deteksi (Merah) dan <i>Ground truth</i> (Hijau)	123
Gambar 4.15. Pengujian pada objek kecil (kelas ketumbar dan merica)	133

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ilustrasi Operasi ReLu	32
Tabel 2.2. Perbandingan Kinerja Berbagai Varian Model YOLOv8.....	40
Tabel 2.3. Contoh Arsitektur Model YOLOv8	45
Tabel 2.4. Tabel Penelitian Terkait	48
Tabel 3.1. Jumlah Objek Data Citra yang telah dianotasi.....	59
Tabel 3.2. Arsitektur Model YOLOv8n yang diusulkan.....	65
Tabel 3.3. Arsitektur Model YOLOv8s yang diusulkan.....	66
Tabel 3.4. Arsitektur Model YOLOv8m yang diusulkan.	67
Tabel 3.5. Arsitektur Model YOLOv8l yang diusulkan.	69
Tabel 3.6. Arsitektur Model YOLOv8x yang diusulkan.....	70
Tabel 3.7. Pengaturan dan <i>Hyperparameter</i> saat <i>Training</i> Model YOLOv8.....	71
Tabel 3.8. <i>Hyperparameter</i> yang dimodifikasi.....	75
Tabel 3.9. Detail Parameter <i>Cost Benefit Analysis</i>	80
Tabel 4.1. Jumlah Objek Data Citra yang telah dianotasi.....	86
Tabel 4.2. Detail Konfigurasi <i>Hyperparameter</i> Skenario Pelatihan Model.....	90
Tabel 4.3. Spesifikasi layanan Paperspace Gradient.....	94
Tabel 4.4. Tabel Ringkasan Hasil 15 Skenario Pelatihan Model.....	105
Tabel 4.4. <i>Cost and Benefit Analysis</i> 15 Skenario Konfigurasi Pelatihan Model.....	109
Tabel 4.5. <i>Cost and Benefit Analysis</i> dengan <i>F1-Score</i> sebagai kriteria <i>benefit</i>	112
Tabel 4.6. Perbandingan Model dengan Augmentasi vs tanpa Augmentasi Data	115
Tabel 4.7. Perhitungan Metrik Evaluasi (<i>Precision</i> , <i>Recall</i> , dan <i>F1-score</i>) Berdasarkan <i>Confusion Matrix</i> dari Data Testing.....	118
Tabel 4.8. Evaluasi Perhitungan IoU antara <i>Ground truth</i> dan Prediksi pada Gambar 4.14	128