

KOMPARASI ARSITEKTUR RESNET50 DAN MOBILENETV2 PADA KLASIFIKASI CITRA RERAJAHAN ULAP-ULAP BALI



**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER (S2)
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA**



- 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.



- 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.

TESIS

DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI TUGAS DAN MEMENUHI SYARAT-SYARAT UNTUK MENCAPAI GELAR MAGISTER KOMPUTER

Menyetujui

Pembimbing I	Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si. M.Kom. NIP.197703182008121004
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
- Cetakn dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

Tesis oleh Pande Putu Ode Juliantara. KW telah dipertahankan di depan tim penguji dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Komputer di Ilmu Komputer (S2), Program Pascasarjana, Universitas Pendidikan Ganesha
Pada tanggal 20 Juli 2026

Dewan Penguji

Ketua	Dr. Ir. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs. NIP.198307252008011008
Anggota	Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si. M.Kom. NIP.197703182008121004
Anggota	Dr. Putu Hendra Suputra, S.Kom., M.Cs. NIP.198212222006041001
Anggota	Prof. Dr. Luh Joni Erawati Dewi, S.T., M.Pd. NIP.197606252001122001

Mengetahui Direktur Program Pascasarjana
Universitas Pendidikan Ganesha,



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

NIP.195910101986031003



- 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.

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan dari 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, 22 Juli 2026

Yang memberi pernyataan,



METERAI
TEMPEL
BEF8EANX116374931

Pande Putu Ode Juliantara. KW

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah-Nya, sehingga tesis yang berjudul: “ Komparasi Arsitektur *Resnet50* dan *MobileNetv2* pada Klasifikasi Citra *Rerajahan Ulap-Ulap Bali* ”, dapat diselesaikan sesuai dengan yang direncanakan.

Tesis ini ditulis untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha pada Program Studi Ilmu Komputer. terselesaikannya tesis ini telah banyak memperoleh uluran tangan dari berbagai pihak. Untuk itu, ijin penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada pihak-pihak berikut.

1. Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si. M.Kom., sebagai pembimbing I yang telah dengan sabar membimbing, mengarahkan, dan memberikan motivasi yang demikian bermakna, sehingga penulis mampu melewati berbagai hambatan dalam perjalanan studi dan penyelesaian tesis ini;
2. Dr. Ir. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs., sebagai pembimbing II, yang dengan gaya dan pola komunikasi yang khas, telah melecut semangat, motivasi, dan harapan penulis selama penelitian dan penulisan naskah laporan tesis ini, sehingga tesis ini dapat terwujud dengan baik sesuai harapan;
3. Dr. Putu Hendra Suputra, S.Kom., M.Cs. dan Prof. Dr. Luh Joni Erawati Dewi, S.T., M.Pd. sebagai penguji yang telah banyak memberikan masukan-masukan yang bermanfaat untuk penyempurnaan tesis ini;
4. Koordinator Program Studi Ilmu Komputer dan staf dosen pengajar yang telah banyak membantu dan memotivasi penulis selama penyusunan tesis ini;
5. Direktur Pascasarjana Undiksha dan staf, yang telah banyak membantu selama penulis menyelesaikan tesis ini;
6. Rektor Universitas Pendidikan Ganesha, yang telah memberikan bantuan secara moral dan memfasilitasi berbagai kepentingan penulis dalam menyelesaikan tesis ini;
7. Keluarga, sahabat, dan berbagai pihak terkait yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tesis ini.

Semoga semua bantuan yang telah mereka berikan dalam menyelesaikan studi ini, mereka diberkati imbalan yang sepadan oleh Tuhan Yang Maha Esa, kesehatan, dan keharmonian dalam menjalani kehidupan.

Penulis menyadari bahwa tesis ini belum sempurna. Namun, kehadirannya dalam konstelasi masyarakat akademis akan menambah perbendaharaan ilmu dalam

Singaraja, 22 Juli 2026

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	7
1.3. Batasan Masalah.....	9
1.4. Rumusan Masalah	10
1.5. Tujuan Penelitian.....	11
1.6. Manfaat Penelitian.....	12
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	13
2.1. Rerajahan Ulap-Ulap.....	13
2.2. Deep Learning.....	15
2.3. Transfer Learning	18
2.4. Convolutional Neural Networks (CNN).....	20
2.4.1. Operasi Konvolusi	23
2.4.2. ReLU (<i>Rectified Linear Unit</i>).....	24
2.4.3. Pooling Layer	26
2.4.4. Flatten Layer	27
2.4.5. Fully Connected Layer	28
2.4.6. Aktivasi Softmax.....	30
2.4.7. Dropout	32
2.4.8. Optimizer AdamW	34
2.4.9. Optimizer Nadam	36

2.4.10.	Optimizer Adagrad	37
2.5.	ResNet50	39
2.6.	MobileNetV2	42
2.7.	<i>K-Fold Cross Validation</i>	44
2.8.	<i>Confusion Matrix</i>	46
2.9.	<i>Cost Benefit Analysis (CBA)</i>	48
2.10.	Kajian Penelitian Relevan	51
BAB III METODE PENELITIAN.....		62
3.1.	Tahapan Penelitian.....	62
3.2.	Akuisisi Dataset.....	63
3.3.	Pembagian Dataset	68
3.4.	<i>Preprocessing</i>	68
3.5.	Augmentasi.....	69
3.6.	Pelatihan Model.....	71
3.7.	Evaluasi Model.....	72
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		74
4.1.	Akuisisi Dataset.....	74
4.2.	Pembagian Dataset	77
4.3.	<i>Preprocessing</i>	79
4.4.	<i>Augmentasi</i>	81
4.5.	Pelatihan Model.....	84
4.6.	Evaluasi Model.....	89
4.6.1.	Hasil Evaluasi Skenario 1 (AdamW - MobileNetV2)	90
4.6.2.	Hasil Evaluasi Skenario 2 (Nadam - MobileNetV2)	97
4.6.3.	Hasil Evaluasi Skenario 3 (Adagrad - MobileNetV2).....	105
4.6.4.	Hasil Evaluasi Skenario 4 (AdamW 3 ResNet50).....	113
4.6.5.	Hasil Evaluasi Skenario 5 (Nadam 3 ResNet50).....	121
4.6.6.	Hasil Evaluasi Skenario 6 (Adagrad 3 ResNet50)	129
4.7.	Analisis Komparatif Hasil Evaluasi Seluruh Skenario.....	138
BAB V PENUTUP		165
5.1.	Kesimpulan.....	165
5.2.	Saran.....	168

DAFTAR PUSTAKA.....	171
LAMPIRAN.....	179



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Penelitian Terdahulu	51
Tabel 3. 1 Citra Rerajahan Ulap-Ulap	64
Tabel 3. 2 Skema Training Model	72
Tabel 4. 1 Hasil Pembagian Dataset	79
Tabel 4. 2. Total Dataset Setelah Proses Augmentasi	84
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Metrik Evaluasi Klasifikasi Per Fold Skenario 1	90
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Metrik Komputasi Per Fold Skenario 1	92
Tabel 4. 5 Perbandingan Train and Loss Per Fold Skenario 1.....	93
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Metrik Evaluasi Klasifikasi Per Fold Skenario 2	97
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Metrik Komputasi Per Fold Skenario 2.....	98
Tabel 4. 8 Perbandingan Train and Loss Per Fold Skenario 2.....	100
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Metrik Evaluasi Klasifikasi Per Fold Skenario 3	105
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Metrik Komputasi Per Fold Skenario 3.....	107
Tabel 4. 11 Perbandingan Train and Loss Per Fold Skenario 3.....	108
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Metrik Evaluasi Klasifikasi Per Fold Skenario 4	114
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Metrik Komputasi Per Fold Skenario 4.....	115
Tabel 4. 14 Perbandingan Train and Loss Per Fold Skenario 4.....	116
Tabel 4. 15 Rekapitulasi Metrik Evaluasi Klasifikasi Per Fold Skenario 5	121
Tabel 4. 16 Rekapitulasi Metrik Komputasi Per Fold Skenario 5.....	123
Tabel 4. 17 Perbandingan Train and Loss Per Fold Skenario 5.....	124
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Metrik Evaluasi Klasifikasi Per Fold Skenario 6	130
Tabel 4. 19 Rekapitulasi Metrik Komputasi Per Fold Skenario 6.....	131
Tabel 4. 20 Perbandingan Train and Loss Per Fold Skenario 6.....	133
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Metrik Evaluasi Klasifikasi Seluruh Skenario.....	139
Tabel 4. 22 Rekapitulasi Beban Komputasi Seluruh Skenario.....	140
Tabel 4. 23 Rekapitulasi Analisis Cost and Benefit Seluruh Skenario	152

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ulap-Ulap pada Bangunan dan Pelinggih	14
Gambar 2. 2 Hubungan <i>Artificial Intelligence</i> , <i>Machine Learning</i> , dan <i>Deep Learning</i>	16
Gambar 2. 3 Arsitektur Dasar CNN	21
Gambar 2. 4 Operasi Konvolusi (Pratiwi et al., 2021)	23
Gambar 2. 5 Ilustrasi Operasi <i>Max Pooling</i> dan <i>Average Pooling</i> (Wahyono & Heryadi, 2021).....	27
Gambar 2. 6 <i>Flatening</i> (Peryanto et al., 2020).....	28
Gambar 2. 7 Fully Connected Layer (Purwono et al., 2023)	30
Gambar 2. 8 Contoh Implementasi Dropout	33
Gambar 2. 9 Diagram Blok Arsitektur ResNet-50 (Nashrullah et al., 2020)	41
Gambar 2. 10 Arsitektur MobileNetV2 (Arnandito & Sasongko, 2024)	43
Gambar 2. 11 Ilustrasi 5 Fold Cross Validation (Aprihartha & Idham, 2024)	45
Gambar 2. 12 <i>Confusion Matrix</i> (Sunarya dkk., 2023).....	47
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian.....	62
Gambar 3. 2 Proses Pembuatan Dataset Citra Rerajahan.....	63
Gambar 4. 1 Hasil Gambar Ulap-Ulap Padmasana dari Masing-Masing Partisipan	75
Gambar 4. 2 Hasil Pengambilan Data Citra	77
Gambar 4. 3. Hasil Augmentasi Citra Rerajahan Ulap-Ulap.....	83
Gambar 4. 4 Normalized Confusion Matrix Skenario 1.....	94
Gambar 4. 5 Grafik Learning Curve Skenario 1	96
Gambar 4. 6 Normalized Confusion Matrix Skenario 2.....	102
Gambar 4. 7 Grafik Learning Curve Skenario 2	104
Gambar 4. 8 Normalized Confusion Matrix Skenario 3.....	110
Gambar 4. 9 Grafik Learning Curve Skenario 3	112
Gambar 4. 10 Normalized Confusion Matrix Skenario 4.....	118
Gambar 4. 11 Grafik Learning Curve Skenario 4	120
Gambar 4. 12 Normalized Confusion Matrix Skenario 5.....	126
Gambar 4. 13 Grafik Learning Curve Skenario 5	128
Gambar 4. 14 Normalized Confusion Matrix Skenario 6.....	134

Gambar 4. 15 Grafik Learning Curve Skenario 6	137
Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Performa Klasifikasi Model	140
Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan Beban Komputasi Model	141
Gambar 4. 18 Perbandingan Citra Bale Daging dan Bale Delod	146
Gambar 4. 19 Perbandingan Citra Padmasana dan Angkul-Angkul	148
Gambar 4. 20 Inferensi Pengujian Langsung Citra Rerajahan Ulap-Ulap Kelas Paon Menggunakan Model Terbaik pada Google Colab.....	157
Gambar 4. 21 Kesalahan Prediksi Citra Uji Baru Berdasarkan Distribusi Model Skenario Terbaik	157



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode Program.....	179
------------------------------	-----

