

**Optimasi Hyperparameter dalam Metode
Convolutional Neural Network (CNN) dengan
Arsitektur MobileNet dan Arsitektur VGG Untuk
Klasifikasi Kepadatan Lalu Lintas**



**UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
2026**

**Optimasi Hyperparameter dalam Metode
Convolutional Neural Network (CNN) dengan
Arsitektur MobileNet dan Arsitektur VGG Untuk
Klasifikasi Kepadatan Lalu Lintas**

TESIS

Diajukan Kepada

**Universitas Pendidikan Ganesha
untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Magister Pendidikan
Program Studi Ilmu Komputer**

oleh

I PUTU ARSANA SUPUTRA

NIM. 2229101008

**UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
2026**

LEMBAR PERSETUJUAN

Tesis oleh I Putu Arsana Suputra ini telah diperiksa dan disetujui untuk
Mengikuti Ujian Kelayakan Tesis

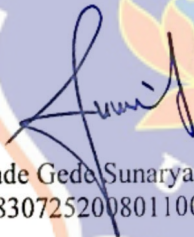
Singaraja,

Pembimbing I

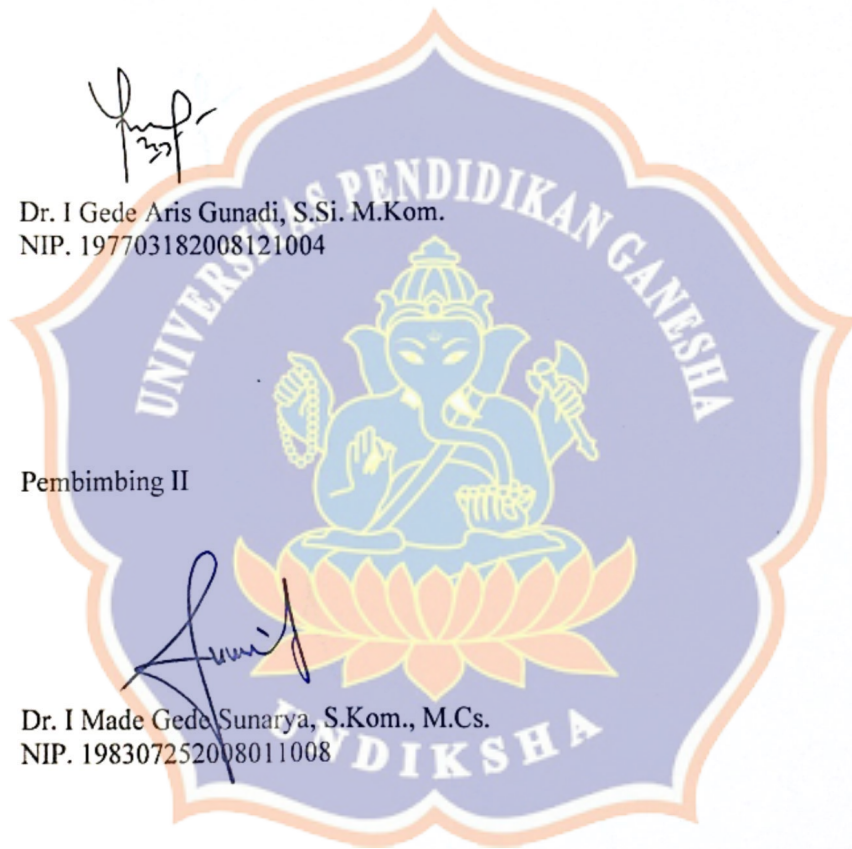


Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si. M.Kom.
NIP. 197703182008121004

Pembimbing II



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



LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Tesis oleh I Putu Arsana Suputra 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.

Disetujui pada tanggal:

oleh

Tim Penguji

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

NIP. 198307252008011008

Anggota (Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si. M.Kom.)

NIP. 197703182008121004

Anggota (Dr. Luh Joni Erawati Dewi, S.T., M.Pd.)

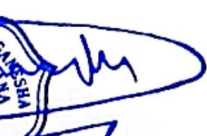
NIP. 197606252001122001

Anggota (Dr. Putu Hendra Suputra, S.Kom., M.Cs.)

NIP. 198212222006041001

Mengetahui Direktur

Program Pascasarjana Undiksha,


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,

Yang memberi pernyataan,

I Putu Arsana Suputra

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa berkat anugerah-Nya, sehingga tesis yang berjudul “Optimasi Hyperparameter dalam Metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan Arsitektur MobileNet dan Arsitektur VGG Untuk Klasifikasi Kepadatan Lalu Lintas” dapat terselesaikan sesuai dengan yang direncanakan.

Tentu ditemui beberapa hambatan serta kendala dalam penyelesaian tesis ini, tetapi atas bantuan dan dukungan yang didapat dari berbagai pihak, hambatan dan kendala mampu teratasi, oleh karena hal tersebut pada kesempatan ini penulis sampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Rektor Universitas Pendidikan Ganesha, yang telah memberikan dukungan secara moral serta menyediakan fasilitas berbagai macam kepentingan studi, selama penulis menempuh pendidikan di Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha;
2. Direktur Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha dan staf, yang telah memberikan petunjuk serta arahan dalam menempuh Pendidikan sampai pada terselesaikannya tesis ini;
3. Koordinator Program Studi Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Ganesha yang memberi bantuan dan motivasi kepada Penulis selama menempuh pendidikan serta penulisan tesis ini;
4. Bapak Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si. M.Kom. sebagai Dosen Pembimbing I yang dengan tenang dan sabar memberikan pengarah, bimbingan, serta dukungan yang penuh makna, sehingga berbagai kendala dalam perjalanan studi dan menyelesaikan tesis ini dapat terlewati;
5. Bapak Dr. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs. sebagai Dosen Pembimbing II yang memberikan arahan, bimbingan, serta petunjuk yang bermakna untuk memacu semangat penulis sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik sesuai dengan target yang telah ditentukan;

6. Ibu Dr. Luh Joni Erawati Dewi, S.T., M.Pd. sebagai Dosen Penguji I yang memberikan masukan-masukan yang bermakna sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik;
7. Bapak Dr. Putu Hendra Suputra, S.Kom., M.Cs. sebagai Dosen Penguji II yang memberikan masukan-masukan yang bermakna sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik;
8. Kepala Dinas Perhubungan Provinsi Bali beserta seluruh jajaran yang telah memberikan akses data penelitian yang sangat membantu peneliti dalam menyelesaikan tesis ini;
9. Seluruh keluarga besar, Bapak, Ibu, dan Saudara yang telah memberikan petuah untuk menyemangati penulis, serta dukungan moral dan material dalam penyelesaian tesis ini;
10. Serta Putu Ari Marlina S.Ak., M.Ak. yang telah membantu menyemangati penulis, serta dukungan moral dan material dalam penyelesaian tesis ini.
11. Berbagai pihak terkait yang tidak seluruhnya dapat penulis sebutkan atas dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tesis ini.

Akhir kata penulis ucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian tesis ini dan dengan harapan semoga tesis ini memiliki kegunaan dan manfaat serta dapat menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan ke depannya.

Singaraja,

Penulis

DAFTAR ISI

	(halaman)
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Klasifikasi Masalah.....	4
1.3 Batasan Penelitian.....	5
1.4 Rumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	6
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kajian Teori.....	8
2.1.1 Kepadatan lalu lintas.....	9
2.1.2 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	10
2.1.3 <i>Deep learning</i>	11
2.1.4 Operasi konvolusi.....	15
2.1.5 <i>Pooling layer</i>	16
2.1.6 Aktivasi ReLu.....	18
2.1.7 <i>Fully connected layer</i>	19
2.1.8 <i>Dropout</i>	21
2.1.9 <i>Softmax classifier</i>	23
2.1.10 <i>Transfer learning</i>	24
2.1.11 MobileNet.....	25
2.1.12 <i>Visual geometry group (VGG)</i>	27
2.1.13 Pembagian (<i>splitting</i>) data.....	28
2.1.14 Evaluasi kinerja.....	30
2.2 Kajian Penelitian yang Relevan.....	33

2.3	Kerangka Berpikir	34
BAB III METODE PENELITIAN		36
3.1	Metode Penelitian	36
3.1.1	Studi literatur	37
3.1.2	Pengumpulan data	37
3.1.3	<i>Pre-processing data</i>	38
3.2	Pembangunan Model CNN	41
3.2.1	Optimasi dan tuning model	42
3.2.2	Pelatihan dan validasi model CNN	44
3.2.3	Evaluasi model	45
3.3	<i>Testing Model</i>	47
3.4	Analisis Hasil	48
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		49
4.1	Hasil Penelitian	49
4.1.1	Hasil dataset	49
4.2	Pembagian Data	50
4.3	<i>Preprocessing Data</i>	50
4.4	Pembangunan Model	56
4.4.1	Optimasi model arsitektur MobileNet dan arsitektur VGG	59
4.5	Pelatihan Model	61
4.5.1	Hasil pelatihan model	62
4.5.2	Tabel hasil pelatihan model	63
4.6	Evaluasi Kinerja Model	65
4.6.1	Hasil evaluasi model	66
4.6.2	<i>Confusion matrix</i>	67
4.7	Implementasi Pengujian Arsitektur MobileNet dan Arsitektur VGG	72
BAB V PENUTUP		73
5.1	Rangkuman	73
5.2	Kesimpulan	74
5.3	Saran	75
DAFTAR PUSTAKA		76
LAMPIRAN		79

DAFTAR TABEL

	<i>(halaman)</i>
Table 2. 1 Detail Arsitektur MobileNet	26
Table 2. 2 Detail Arsitektur VGG	28
Tabel 3. 1 Citra Kepadatan Lalu Lintas	38
Tabel 3. 2 Rincian Pengambilan Data, Augumentasi Data Data Citra Kepadatan Lalu Lintas, serta Pembagian Data.....	41
Tabel 4. 1 Hyperparameter model arsitektur MobileNet dan arsitektur VGG16.....	60
Tabel 4. 2 Skenario epochs, batch size, learning rate, dropout, dan dense neurons	61
Tabel 4. 3 Hasil pelatihan model arsitektur MobileNet.....	64
Tabel 4. 4 Hasil dengan data augmentasi pada model arsitektur MobileNet.....	64
Tabel 4. 5 Hasil pelatihan model arsitektur VGG.....	65
Tabel 4. 6 Hasil dengan data augmentasi saja pada Model arsitektur VGG16.....	65
Tabel 4. 7 Hasil training fold ke 1-5 MobileNet.....	66
Tabel 4. 8 Hasil training fold ke 1-5 VGG16	67



DAFTAR GAMBAR

	<i>(halaman)</i>
Gambar 2. 1 Arsitektur CNN	15
Gambar 2. 2 Ilustrasi Operasi Konvolusi.....	16
Gambar 2. 3 Ilustrasi Operasi Max Pooling dan Average Pooling	17
Gambar 2. 4 Fungsi ReLu.....	18
Gambar 2. 5 Ilustrasi Flatten.....	20
Gambar 2. 6 Ilustrasi Fully Connected Layer	21
Gambar 2. 7 Ilustrasi Dropout.....	23
Gambar 2. 8 Ilustrasi Depthwise Separable Convolutions.....	26
Gambar 2. 9 Ilustrasi Confusion Matrix	31
Gambar 3. 1 diagram alur penelitian.....	36
Gambar 3. 2 Diagram alur pre-processing	40
Gambar 3. 3 Diagram alur tuning dan optimasi model.....	44
Gambar 3. 4 Diagram alur pelatihan dan validasi model.....	45
Gambar 3. 5 Diagram alur evaluasi model	46
Gambar 3. 6 Diagram alur testing model.....	47
Gambar 4. 1 Citra hasil augmentasi.....	55
Gambar 4. 2 Persentase hyperparameter arsitektur MobileNet	60
Gambar 4. 3 Persentase hyperparameter arsitektur VGG16	60
Gambar 4. 4 Grafik training validation accuracy MobileNet	62
Gambar 4. 5 Grafik training validation accuracy VGG16	63
Gambar 4. 6 Confusion matrix arsitektur MobileNet	68
Gambar 4. 7 Hasil prediksi kesalahan arsitektur MobileNet	68
Gambar 4. 8 Confusion matrix arsitektur VGG16.....	70
Gambar 4. 9 Hasil prediksi kesalahan arsitektur VGG16.....	70
Gambar 4. 10 Tampilan website pengujian klasifikasi arsitektur MobileNet dan arsitektur VGG.....	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 01 Hasil <i>training kombinasi</i> parameter.....	95
Lampiran 02 Hasil dengan data original.....	107

