



SKRIPSI

**DETEKSI DAN KLASIFIKASI KERUSAKAN
PADA JALAN BERASPAL MENGGUNAKAN
JARINGAN SYARAF TIRUAN DENGAN
TRANSFER LEARNING**

NUGRAHA VARREL KUSUMA
NPM 21081010198

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU
Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
SURABAYA**



SKRIPSI

**DETEKSI DAN KLASIFIKASI KERUSAKAN
PADA JALAN BERASPAL MENGGUNAKAN
JARINGAN SYARAF TIRUAN DENGAN
TRANSFER LEARNING**

NUGRAHA VARREL KUSUMA
NPM 21081010198

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU
Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
SURABAYA
2025**

Halaman ini sengaja dikosongkan

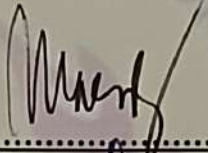
LEMBAR PENGESAHAN

DETEKSI DAN KLASIFIKASI KERUSAKAN PADA JALAN BERASPAL MENGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN DENGAN TRANSFER LEARNING

Oleh :
NUGRAHA VARREL KUSUMA
NPM. 21081010198

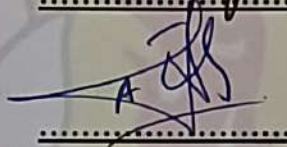
Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Prodi Informatia
Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur Pada
tanggal 7 Maret 2025

Dr. Ir. I Gede Susrama Mas, ST. MT. IPU
NIP. 19700619 2021211 009



(Pembimbing I)

Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom
NIP. 19820211 2021212 005



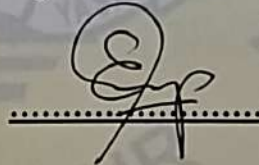
(Pembimbing II)

Chrystia Aji Putra, S.Kom, M.T
NIP. 19861008 2021211 001



(Ketua Penguji)

Eka Prakarsa Mandyartha, S.T., M.Kom
NIP. 19880525 2018031 001



(Anggota Penguji)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Ilmu Komputer



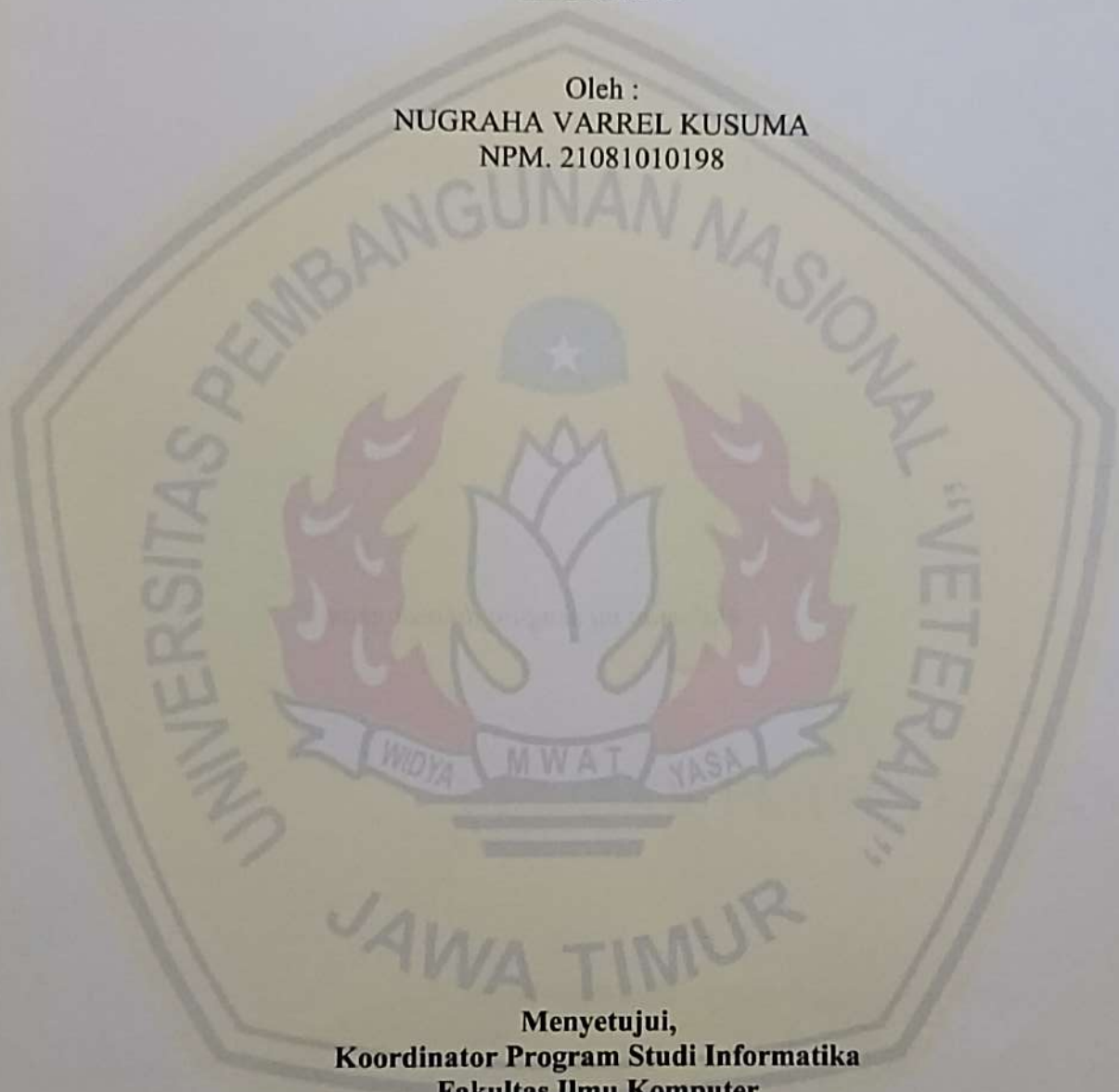
Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT
NIP. 19681126 199403 2 001

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PERSETUJUAN

**DETEKSI DAN KLASIFIKASI KERUSAKAN PADA JALAN BERASPAL
MENGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN DENGAN TRANSFER
LEARNING**

Oleh :
NUGRAHA VARREL KUSUMA
NPM. 21081010198



Menyetujui,
Koordinator Program Studi Informatika
Fakultas Ilmu Komputer

Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom
NIP. 19820211 2021212 005

Halaman ini sengaja dikosongkan

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Nugraha Varrel Kusuma
Program Studi : Informatika
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU
Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabil adikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerimasanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Surabaya, 16 April 2025
Yang Membuat Pernyataan,



NUGRAHA VARREL KUSUMA
NPM. 21081010198

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM	Nugraha Varrel Kusuma / 21081010198
Judul Skripsi	Deteksi dan Klasifikasi Kerusakan Pada Jalan Beraspal Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Transfer Learning
Dosen Pembimbing	1. Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU 2. Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom

Deteksi dan klasifikasi kerusakan jalan merupakan aspek penting dalam pemeliharaan infrastruktur untuk meningkatkan keselamatan pengguna jalan serta memperpanjang umur layanan jalan beraspal. Penelitian ini mengembangkan model deteksi dan klasifikasi kerusakan jalan menggunakan pendekatan *Transfer Learning* dengan arsitektur *EfficientNet-B2*. Model ini dikembangkan untuk mengklasifikasikan empat jenis kerusakan jalan, yaitu lubang, pengelupasan lapisan permukaan, retak, dan retak pinggir.

Penelitian ini menggunakan dataset sebanyak 6.770 citra yang dibagi dengan rasio 70:20:10 untuk *training*, *validation*, dan *testing*. Tahap pengolahan data mencakup *preprocessing* dan pengujian berbagai teknik augmentasi untuk meningkatkan performa model. Namun, hasil eksperimen menunjukkan bahwa model tanpa augmentasi justru memberikan performa terbaik dibandingkan dengan model yang menggunakan augmentasi seperti rotasi, perubahan kecerahan, *zoom*, dan flipping. Hal ini menunjukkan bahwa dataset yang digunakan telah memiliki variasi yang cukup untuk model belajar secara optimal tanpa perlu transformasi tambahan.

Hasil evaluasi model menunjukkan bahwa konfigurasi terbaik diperoleh dengan menggunakan *optimizer* Adam, *learning rate* 0.0001, fine-tuning pada 30 lapisan terakhir *EfficientNet-B2*, tanpa augmentasi data, dan resolusi gambar 255×255 piksel. Dengan konfigurasi ini, model mencapai akurasi 95.21%, dengan presisi dan *recall* di atas 95%. Analisis *Confusion Matrix* menunjukkan bahwa model dapat membedakan dengan baik setiap jenis kerusakan, meskipun terdapat beberapa kesalahan klasifikasi antara kategori yang memiliki kemiripan tekstur. Selain itu, evaluasi dengan ROC-AUC Curve menunjukkan skor mendekati 1.00 pada semua kelas, menandakan kemampuan generalisasi model yang sangat baik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam beberapa kasus, augmentasi data tidak selalu meningkatkan performa model dan dapat menyebabkan gangguan dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, model yang dikembangkan dapat diimplementasikan dalam sistem pemantauan kondisi jalan berbasis kecerdasan buatan untuk membantu pengelolaan infrastruktur yang lebih efisien.

Kata kunci : Deteksi Kerusakan Jalan, *EfficientNet-B2*, *Transfer Learning*, *Deep Learning*, *Machine Learning*, Tanpa Augmentasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Student Name / NPM	Nugraha Varrel Kusuma / 21081010198
Thesis Title	Detection and Classification of Asphalt Road Damage Using Artificial Neural Networks with Transfer Learning
Advisor	1. Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU 2. Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom

Road damage detection and classification play a crucial role in maintaining road infrastructure and ensuring traffic safety. This study explores the application of artificial neural networks using transfer learning, specifically leveraging the EfficientNet-B2 architecture, to detect and classify asphalt road damage into four categories: potholes, surface peeling, cracks, and edge cracks. The dataset used consists of 6,770 images, divided into training, validation, and testing sets with a 70:20:10 ratio.

Various experimental scenarios were conducted to optimize model performance, including testing different optimizers, learning rates, dataset partitioning ratios, fine-tuning layers, image resolutions, and data augmentation techniques. Surprisingly, the results show that the model performs best without data augmentation, achieving an accuracy of 94.19%, precision of 94.12%, recall of 94.10%, and an F1-score of 94.09%. This finding indicates that the dataset already contains sufficient variations, making augmentation unnecessary and even potentially detrimental to model performance.

Additionally, the evaluation using the ROC-AUC curve demonstrated a near-perfect classification capability, with AUC values close to 1.00 for all damage categories. The confusion matrix analysis also confirmed the model's robustness, with minimal misclassification between classes.

The results of this research suggest that transfer learning with EfficientNet-B2 is highly effective for detecting and classifying asphalt road damage. Moreover, the finding that data augmentation is not always beneficial highlights the importance of dataset quality over quantity in deep learning applications. These insights can contribute to the development of automated road monitoring systems for better infrastructure management.

Keywords: Road Damage Detection, Transfer Learning, EfficientNet-B2, Artificial Neural Networks, Image Classification

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga skripsi yang berjudul **“Deteksi dan Klasifikasi Kerusakan Pada Jalan Beraspal Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Transfer Learning”** ini akhirnya bisa diselesaikan. Meski sempat tergoda untuk menyerah dan menjadi petani digital (baca: main game dan scroll TikTok terus), akhirnya skripsi ini berhasil diselesaikan juga dengan penuh perjuangan, kopi, dan sedikit air mata.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST. MT. IPU, selaku Dosen Pembimbing utama, yang dengan sabar membimbing, mengarahkan, dan (secara tidak langsung) menyelamatkan penulis dari skripsi yang tak kunjung kelar.
2. Ibu Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom, selaku Dosen Pembimbing kedua, atas bimbingan, motivasi, dan kata-kata penyemangat yang lebih manjur daripada kopi sachet tiga lapis gula.

Tidak lupa juga ucapan terima kasih kepada pihak-pihak berikut:

1. Ibu **Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT** selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu **Fetty Tri Anggraeny, S.Kom. M.Kom** selaku Ketua Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Seluruh dosen Program Studi Informatika yang telah memberikan ilmu dan ujian tak terlupakan selama masa kuliah.
4. Teman-teman seperjuangan, yang selalu hadir dengan kalimat sakti “ayo ngopi dulu, skripsi belakangan” yang entah kenapa justru membuat skripsi ini selesai lebih cepat.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, layaknya jalan rusak yang jadi objek penelitian ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan karya ini.

Akhir kata, semoga skripsi ini bisa memberi manfaat, minimal sebagai pengingat bahwa segala sesuatu bisa selesai asal dikerjakan. Terima kasih.

Surabaya, 3 Maret 2023

Nugraha Varrel Kusuma

NPM. 21081010198

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	v
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR NOTASI.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Penelitian Terdahulu	6
2.2. Definisi Machine Learning.....	8
2.3. Jaringan Syaraf Tiruan	10
2.4. Convolutional Neural Network (CNN)	10
2.5. Transfer Learning.....	12
2.6. EfficientNet	13
2.7. Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan Dalam Bidang Lain	15
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM	16
3.1. Desain Penelitian.....	16
3.2. Metodologi Penelitian	17
3.3. Studi Pustaka	17
3.4. Pengumpulan Data	18
3.4.1 Sumber Data.....	18
3.4.2 Spesifikasi Data.....	19

3.5.	Image Preprocessing dan Augmentasi	21
3.6.	Model CNN dengan Transfer Learning	22
3.7.	<i>Callbacks</i> dan Strategi Pelatihan.....	23
3.8.	Evaluasi dan Analisi Hasil	23
3.9.	Pengaturan Default.....	24
BAB IV Hasil dan Pembahasan		26
4.1.	Persiapan Data.....	26
4.1.1	Struktur Organisasi folder dataset	27
4.1.2	Pemuatan Dataset	28
4.1.3	Pembuatan DataFrame sebagai Representasi Dataset.....	29
4.1.4	Visualisasi Distribusi Data	30
4.2	Pembagian Data.....	33
4.3	Image Processing.....	38
4.3.1	Resize Piksel	38
4.3.2	Normalisasi.....	39
4.3.3	Augmentasi Data	40
4.3.4	Pembentukan Data Generator.....	41
4.3.5	Visualisasi Hasil Image Processing.....	42
4.4	Arsitektur Model	45
4.4.1	EfficientNet-B2	45
4.4.2	Arsitektur Model yang Digunakan.....	48
4.4.3	Kompilasi Model.....	51
4.5	Proses Training Model	52
4.6	Skenario Pengujian.....	54
4.6.1	Transfer Learning dengan Optimizer	54
4.6.2	Transfer Learning dengan Learning Rate.....	56
4.6.3	Transfer Learning dengan Pembagian Data	58
4.6.4	Transfer Learning dengan Fine-Tuning Layers	61
4.6.5	Transfer Learning dengan Augmentasi	63
4.6.6	Transfer Learning dengan Resolusi Gambar.....	65
4.7	Konfigurasi Model Terbaik.....	67
4.8	Evaluasi Model.....	69

4.8.1 Analisis Grafik Training dan Validation.....	69
4.8.2 Evaluasi Confusion Matrix.....	71
4.8.3 Evaluasi Performa Model dengan Metrik Precision, Recall, F1-Score	72
4.8.4 Evaluasi Menggunakan ROC-AUC Curve	75
BAB V PENUTUP.....	89
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Metodologi Penelitian	17
Gambar 3. 2 Kelas Lubang.....	20
Gambar 3. 3 Kelas Pengelupasan Lapisan Permukaan	20
Gambar 3. 4 Kelas Retak.....	21
Gambar 3. 5 Kelas Retak Pinggir.....	21
Gambar 3. 6 Alur Preprocessing	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 7 Diagram Pengembangan Model	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1 Distribusi Total Dataset.....	32
Gambar 4. 2 Distribusi Data Training.....	35
Gambar 4. 3 Distribusi Data Validation.....	36
Gambar 4. 4 Distribusi Data Testing.....	37
Gambar 4. 5 Hasil Image Processing	43
Gambar 4. 6 Arsitektur Model yang Digunakan	50
Gambar 4. 7 Grafik Pelatihan.....	53
Gambar 4. 8 Grafik Training dan Validasi.....	69
Gambar 4. 9 Confusion Matrix	71
Gambar 4. 10 Evaluasi Performa	72
Gambar 4. 11 ROC-AUC Curve	75
Gambar 4. 12 Gambar Jalan Rusak 1	80
Gambar 4. 13 Confidence Score	81
Gambar 4. 14 Gambar Jalan Rusak 2.....	82
Gambar 4. 15 Confidence Score	83
Gambar 4. 16 Gambar Jalan Rusak 3.....	84
Gambar 4. 17 Confidence Score	85
Gambar 4. 18 Gambar Jalan Rusak 4.....	86
Gambar 4. 19 Confidence Score	87

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Arsitektur Jaringan Baseline EfficientNet	14
Tabel 3. 1 Pengaturan Default Model	25
Tabel 4. 1 EfficientNet-B2	46
Tabel 4. 2 Transfer Learning dengan Optimizer	55
Tabel 4. 3 Transfer Learning dengan Learning Rate	57
Tabel 4. 4 Transfer Learning dengan Pembagian Data	59
Tabel 4. 5 Transfer Learning dengan Fine-Tuning Layer	61
Tabel 4. 6 Transfer Learning dengan Augmentasi	63
Tabel 4. 7 Transfer Learning dengan Resolusi Gambar	66
Tabel 4. 8 Konfigurasi Terbaik	68

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR NOTASI

OH	:	Tinggi dan lebar <i>output feature map</i> .
H	:	Tinggi dan lebar input gambar
F	:	Ukuran kernel (filter) pada lapisan konvolusi
S	:	Nilai <i>stride</i> (langkah konvolusi)
P	:	Padding atau jumlah piksel tambahan pada tepi gambar
α	:	Faktor skala untuk kedalaman jaringan dalam EfficientNet
β	:	Faktor skala untuk lebar jaringan dalam EfficientNet
γ	:	Faktor skala untuk resolusi input gambar dalam EfficientNet
ϕ	:	Koefisien compound yang mengontrol pertumbuhan skala model

Halaman ini sengaja dikosongkan