

**KLASIFIKASI CASCADE JENIS DAN TINGKAT SANGRAI BIJI
KOPI BERBASIS CITRA MENGGUNAKAN EFFICIENTNET-B0**

SKRIPSI



Oleh:

Umar Muchtar Khaidzar

220411100108

Dosen Pembimbing 1:

Dr. Cucun Very Angkoso, S.T., MT.

(19780225 200501 1 001)

Dosen Pembimbing 2:

Prof. Dr. Rima Tri Wahyuningrum, ST., MT.

(19800820 200312 2 001)

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INFORMATIKA

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TRUNODJOYO MADURA

BANGKALAN

2026

HALAMAN JUDUL

**KLASIFIKASI CASCADE JENIS DAN TINGKAT SANGRAI BIJI KOPI
BERBASIS CITRA MENGGUNAKAN EFFICIENTNET-B0**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Penyelesaian Studi Strata Satu (S1) dan
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
di Universitas Trunodjojo Madura

Disusun oleh:
Umar Muchtar Khaidzar
220411100108

**PROGRAM STUDI SI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRUNODJOYO MADURA
BANGKALAN
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

**KLASIFIKASI CASCADE JENIS DAN TINGKAT SANGRAI BIJI KOPI
BERBASIS CITRA MENGGUNAKAN EFFICIENTNET-B0**

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Komputer (S.Kom) di Universitas Trunodjoyo Madura

Oleh:

Nama : Umar Muchtar Khaidzar
NIM : 22411100108

Disetujui oleh Tim-Penguji Skripsi:

Tanggal Sidang:
29 Juni 2026

Dr. Cucun Verv Angkoso, S.T., MT.
NIP. 197802252005011001

(Pembimbing I)

Prof. Dr. Rima Tri Wahyuningrum, ST., MT.
NIP. 198008202003122001

(Pembimbing II)

Dr. Cucun Verv Angkoso, S.T., MT.
NIP. 197802252005011001

(Ketua Penguji)

Kurniawan-Eka Permana, S.Kom., M.Sc.
NIP. 197902172003121002

(Penguji Utama)

Prof. Dr. Arif Muntasa, S.Si., M.T.
NIP. 196911182001121004

(Anggota Penguji)

Bangkalan, 16 Sep 2026

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Husni, S.Kom., MT.

NIP. 197707222003121006

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul:

“KLASIFIKASI *CASCADE* JENIS DAN TINGKAT SANGRAI BIJI KOPI BERBASIS CITRA MENGGUNAKAN EFFICIENTNET-B0”

1. Adalah asli, bukan merupakan karya pihak lain serta belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Sarjana Komputer baik di Universitas Trunodjoyo Madura maupun di Perguruan Tinggi yang lain di Indonesia.
2. Tidak terdapat karya atau pendapat pihak lain yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang setara tertulis telah diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti skripsi ini sebagian atau seluruhnya merupakan hasil plagiasi atau terdapat hal-hal yang tidak sesuai dengan pernyataan diatas, maka saya sanggup menerima saksi akademis yang berlaku dengan segala akibat hukumnya sesuai peraturan Universitas Trunodjoyo Madura dan atau peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bangkalan, 16 Sep 2026
Yang menyatakan,



UNIVERSITAS TRUNODJOYO MADURA
PA 6DAOX124100819

Umar Muchtar Khaidzar
NIM. 220411100108

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya. Skripsi dengan judul "KLASIFIKASI CASCADE JENIS DAN TINGKAT SANGRAI BIJI KOPI BERBASIS CITRA MENGGUNAKAN EFFICIENTNET-B0", yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer, telah berhasil diselesaikan. Keberhasilan ini tidak terlepas dari dukungan dan kerja sama berbagai pihak. Berkenaan dengan hal tersebut, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Madim dan Ibu Siti Aisah, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, serta dukungan yang tanpa henti. Terima kasih atas segala perhatian dan ketulusan yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik berkat doa dan restu bapak ibu.
2. Dr. Cucun Very Angkoso, S.T., MT. selaku dosen pembimbing 1 dan ketua penguji serta Ibu Prof. Dr. Rima Tri Wahyuningrum, ST., MT. selaku dosen pembimbing 2 yang dengan penuh kesabaran, dedikasi, dan ketulusan telah meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran untuk memberikan arahan, masukan, dan motivasi sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan skripsi ini dapat diselesaikan dengan lancar.
3. Bapak Kurniawan Eka Permana, S.Kom., M.Sc., selaku dosen penguji utama yang telah memberikan arahan dan masukan berharga, serta Bapak Prof. Dr. Arif Muntasa, S.Si., M.T., selaku dosen penguji anggota, yang dengan sabar memberikan masukan, saran, dan arahan sehingga skripsi ini dapat disusun lebih baik.
4. Seluruh dosen Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, serta bimbingan yang berharga selama waktu perkuliahan.

5. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan semangat dalam penyusunan skripsi ini. Setiap bentuk kebaikan yang diberikan akan selalu dikenang dan menjadi bagian berharga dalam perjalanan akademik penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang neuroimaging, serta bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Bangkalan, 16 Sep 2026



Umar Muchtar Khaidzar

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	i
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.2.1 Permasalahan	6
1.2.2 Solusi Permasalahan	6
1.2.3 Pertanyaan Penelitian	7
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	7
1.4 Batasan Masalah.....	9
1.5 Sistematika Penulisan	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1 Landasan Teori	13
2.1.1 Jenis Biji Kopi	13
2.1.2 Tingkat Sangrai (<i>Roast Level</i>)	15

2.1.3	Pengolahan Citra Digital	16
2.1.4	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	26
2.1.5	EfficientNet-B0	29
2.1.6	Klasifikasi <i>Cascade</i> (Bertingkat).....	33
2.1.7	Optimasi dan Pelatihan Model	35
2.1.8	Metrik Evaluasi	38
2.2	Penelitian Terdahulu	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		49
3.1	Alur Penelitian	49
3.2	Pemahaman Bisnis (<i>Business Understanding</i>)	51
3.2.1	Latar Belakang dan Tujuan Bisnis	52
3.2.2	Penilaian Situasi	52
3.2.3	Kriteria Kesuksesan.....	53
3.3	Pemahaman Data (<i>Data Understanding</i>)	53
3.3.1	Sumber Data dan Teknik Pengumpulan.....	53
3.3.2	Deskripsi Atribut dan Variabel.....	55
3.3.3	Struktur dan Sebaran Dataset	55
3.3.4	Analisis Kualitas Data Visual.....	56
3.4	Persiapan Data (<i>Data Preparation</i>)	58
3.4.1	Pembersihan Data	58
3.4.2	Transformasi dan Peningkatan Citra	58
3.4.3	Augmentasi Data	59
3.4.4	Pembagian Data	59
3.5	Permodelan (<i>Modeling</i>).....	60
3.5.1	<i>Cascade Inference</i>	60
3.5.2	Implementasi Arsitektur EfficientNet-B0	62

3.5.3	Strategi Pelatihan dengan <i>Transfer Learning</i>	63
3.5.4	Mekanisme Optimasi dan <i>Learning Rate Scheduler</i>	67
3.5.5	Skenario Eksperimen.....	68
3.6	Evaluasi.....	72
3.6.1	Matriks Evaluasi Performa.....	72
3.6.2	Analisis <i>Confusion Matrix</i>	73
3.6.3	Evaluasi Integrasi Sistem (<i>Cascade Testing</i>).....	73
3.6.4	Validasi melalui Visualisasi Prediksi	74
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		75
4.1	Analisis Hasil Implementasi Prapemrosesan Citra.....	75
4.1.1	Hasil Segmentasi dan Pemecahan Citra Biji Kopi Tunggal (<i>Bean Extraction</i>).....	75
4.1.2	Pengorganisasian dan Standardisasi Penamaan Dataset	78
4.1.3	Pengaruh Normalisasi terhadap Distribusi Piksel Citra.	79
4.1.4	Analisis Dampak Peningkatan Kontras Menggunakan CLAHE	80
4.1.5	Hasil Pembagian Dataset (<i>Data Splitting</i>).....	80
4.2	Analisis Pengujian Model Pertama (Klasifikasi Jenis Biji Kopi).....	81
4.2.1	Pelatihan Model 1 (Jenis Biji Kopi).....	82
4.2.2	Pelatihan Model 2 (Tingkat Sangrai Biji Kopi)	85
4.2.3	Rekap Analisis Hasil Pengujian Per Model.....	93
4.3	Analisis Pengujian Integrasi Sistem (<i>Cascade Infrence</i>).....	97
4.3.1	Mekanisme Alur Data Inferensi <i>Cascade</i>	97
4.3.2	Analisis Akurasi Global dan <i>Classification Report</i> Sistem <i>Cascade</i>	98
4.3.3	Analisis <i>Confusion Matrix</i> Evaluasi <i>Cascade</i>	102

4.4	Analisis Perbandingan Model <i>Cascade</i> dan Model <i>Flat</i>	108
4.4.1	Hasil Pelatihan Model Pembandingan (<i>Flat Classification</i> 16 Kelas)	108
4.4.2	Analisis Komparatif dalam Mengatasi Ambiguitas Visual (<i>Inter-class Similarity</i>)	116
4.5	Deploy Sederhana	121
4.5.1	Halaman Utama	121
4.5.2	Halaman Pendukung	123
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	125
5.1	Kesimpulan	125
5.2	Saran	127
DAFTAR PUSTAKA		129
LAMPIRAN		135
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		168

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Biji kopi Arabika.....	13
Gambar 2. 2 Biji kopi Robusta	14
Gambar 2. 3 Biji kopi Liberika.....	14
Gambar 2. 4 Biji kopi Ekselsa	14
Gambar 2. 5 <i>Roast level Green</i>	15
Gambar 2. 6 <i>Roast level Light</i>	15
Gambar 2. 7 <i>Roast level Medium</i>	16
Gambar 2. 8 <i>Roast level Dark</i>	16
Gambar 2. 9 Konversi <i>grayscale</i>	20
Gambar 2. 10 <i>Gaussian Blur</i>	21
Gambar 2. 11 Konversi biner.....	21
Gambar 2. 12 Deteksi kontur & pemotongan objek.....	22
Gambar 2. 13 <i>Resizing</i>	23
Gambar 2. 14 Konversi citra LAB.....	23
Gambar 2. 15 Pembagian grid	24
Gambar 2. 16 Histogram CLAHE	24
Gambar 2. 17 Interpolasi bilinear	25
Gambar 2. 18 Citra hasil CLAHE	25
Gambar 2. 19 Arsitektur CNN.....	26
Gambar 2. 20 Detail <i>Fully Connected Layer</i>	26
Gambar 2. 21 Arsitektur EfficientNet-B0.....	29
Gambar 2. 22 <i>Flip</i>	37

Gambar 2. 23 Rotasi	37
Gambar 2. 24 Normalisasi	37
Gambar 3. 1 Alur CRISP-DM	49
Gambar 3. 2 Alur penelitian	50
Gambar 3. 3 Ilustrasi pengambilan citra.....	54
Gambar 3. 4 Arsitektur sistem	61
Gambar 3. 5 Arsitektur EfficientNet-B0.....	62
Gambar 3. 6 Strategi pelatihan model dengan <i>transfer learning</i>	64
Gambar 4. 1 Citra asli.....	75
Gambar 4. 2 Citra asli setelah <i>grayscale</i>	76
Gambar 4. 3 Citra asli setelah <i>Gaussian Blur</i>	76
Gambar 4. 4 <i>Otsu's Thresholding</i>	77
Gambar 4. 5 Citra biji kopi tunggal	78
Gambar 4. 6 Citra biji kopi tunggal dengan segmentasi.....	78
Gambar 4. 7 Citra hasil normalisasi	79
Gambar 4. 8 Citra hasil CLAHE	80
Gambar 4. 9 Grafik pelatihan tahap 1 (tidak tersegmentasi).....	83
Gambar 4. 10 Grafik pelatihan tahap 1 (Tersegmentasi).....	84
Gambar 4. 11 Grafik pelatihan model Arabika (tanpa segmentasi).....	86
Gambar 4. 12 Grafik pelatihan model Arabika (tersegmentasi)	87
Gambar 4. 13 Grafik pelatihan model Ekselsa (tanpa segmentasi).....	88
Gambar 4. 14 Grafik pelatihan model Ekselsa (tersegmentasi)	89
Gambar 4. 15 Grafik pelatihan model Liberika (tanpa segmentasi).....	90

Gambar 4. 16 Grafik pelatihan model Liberika (tersegmentasi)	90
Gambar 4. 17 Grafik pelatihan model Robusta (tanpa segmentasi)	91
Gambar 4. 18 Grafik pelatihan model Robusta (tersegmentasi)	92
Gambar 4. 19 <i>Confusion Matrix</i> sistem <i>Cascade</i> (tanpa segmentasi)	103
Gambar 4. 20 <i>Confusion Matrix</i> sistem <i>Cascade</i> (tersegmentasi)	106
Gambar 4. 21 Grafik pelatihan model <i>Flat</i> (tanpa segmentasi)	109
Gambar 4. 22 <i>Confusion Matrix</i> model <i>Flat</i> (tanpa segmentasi)	111
Gambar 4. 23 Grafik pelatihan model <i>Flat</i> (tersegmentasi)	112
Gambar 4. 24 <i>Confusion Matrix</i> model <i>Flat</i> (tersegmentasi)	115
Gambar 4. 25 Halaman utama	121
Gambar 4. 26 Hasil klasifikasi	122
Gambar 4. 27 Informasi jenis pada halaman pendukung	123
Gambar 4. 28 Informasi <i>roast level</i> pada halaman pendukung	124

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel perbandingan versi EfficientNet	31
Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu	46
Tabel 3. 1 Jumlah data citra sesuai dengan label	57
Tabel 3. 2 Tabel arsitektur EfficientNet-B0.....	62
Tabel 3. 3 Ringkasan strategi <i>classifier</i>	66
Tabel 3. 4 Pengaturan <i>hyperparameter</i>	70
Tabel 3. 5 Skenario penelitian	72
Tabel 4. 1 Tabel evaluasi permodel (tanpa segmentasi)	93
Tabel 4. 2 Tabel evaluasi permodel (tersegmentasi).....	95
Tabel 4. 3 Tabel akurasi sistem <i>cascade</i> (tanpa segmentasi).....	99
Tabel 4. 4 Tabel akurasi sistem <i>cascade</i> (tersegmentasi)	101
Tabel 4. 5 Tabel akurasi sistem <i>flat</i> (tanpa segmentasi)	110
Tabel 4. 6 Tabel akurasi sistem <i>flat</i> (tersegmentasi).....	114
Tabel 4. 7 Tabel perbandingan model (tanpa segmentasi).....	117
Tabel 4. 8 Tabel perbandingan model (tersegmentasi)	119

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1: SURAT VALIDASI	135
LAMPIRAN 2: KODE PEMECAHAN CITRA	136
LAMPIRAN 3: KODE RESIZE	140
LAMPIRAN 4: KODE CLAHE	144
LAMPIRAN 5: KODE SPLITTING DATA	146
LAMPIRAN 6: KODE PELATIHAN MODEL CASCADE	149
LAMPIRAN 7: KODE EVALUASI MODEL CASCADE	155
LAMPIRAN 8: KODE PELATIHAN MODEL PEMBANDING (<i>FLAT</i>).....	158
LAMPIRAN 9: KODE EVALUASI MODEL PEMBANDING (<i>FLAT</i>)	165