

HYPERPARAMETER TUNING PEMODELAN CNN DENGAN METODE BAYESIAN OPTIMIZATION UNTUK IDENTIFIKASI KEMURNIAN DAGING SAPI

NUGRAHA PUTRA RACHMADHANI



**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

Perpustakaan IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “*Hyperparameter Tuning* Pemodelan CNN dengan Metode *Bayesian Optimization* Untuk Identifikasi Kemurnian Daging Sapi” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2025

Nugraha Putra Rachmadhani
G6501222037

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

NUGRAHA PUTRA RACHMADHANI. *Hyperparameter Tuning* Pemodelan CNN dengan Metode *Bayesian Optimization* Untuk Identifikasi Kemurnian Daging Sapi. Dibimbing oleh AGUS BUONO dan MUSHTHOFA.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi citra daging sapi, babi, dan daging oplosan menggunakan arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) EfficientNetV2-S yang dioptimalkan melalui metode *Bayesian Optimization*. Masalah utama yang diangkat adalah penyalahgunaan campuran daging babi dalam produk daging sapi yang merugikan konsumen, khususnya umat Muslim. Daging babi dan sapi memiliki kemiripan visual yang sulit dibedakan secara kasat mata, sehingga diperlukan pendekatan berbasis pengolahan citra digital dan pembelajaran mesin untuk meningkatkan akurasi deteksi.

Data yang digunakan terdiri dari 3.150 citra hasil augmentasi, dibagi ke dalam data latih, validasi, dan uji. Tahapan preproses data mencakup penerapan metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) untuk peningkatan kontras citra serta augmentasi citra melalui rotasi dan flipping. Model dikembangkan dengan mempertimbangkan empat parameter utama dalam proses tuning: *learning rate*, *optimizer*, *dropout*, dan fungsi aktivasi. Eksperimen dilakukan dalam berbagai skenario dengan dan tanpa penerapan CLAHE serta pembobotan kelas, baik untuk klasifikasi multiclass maupun binary class (sapi-oplosan dan sapi-babi). Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan metrik akurasi, *precision*, *recall*, dan F1-score yang dihitung melalui *confusion matrix*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan CLAHE dan pembobotan kelas secara signifikan meningkatkan performa model. Akurasi terbaik untuk klasifikasi *multiclass* mencapai 96,67%, sementara untuk klasifikasi *binary class* (sapi-oplosan dan sapi-babi) masing-masing mencapai 100% pada skenario tertentu. Hasil ini lebih unggul dibandingkan penelitian sebelumnya. Penggabungan metode CLAHE dan pembobotan kelas dalam proses *hyperparameter* tuning pada model EfficientNetV2 dengan *Bayesian Optimization* terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi klasifikasi citra daging. Namun, tantangan klasifikasi masih ditemui pada citra uji dengan kualitas citra yang buruk.

Kata Kunci: Daging oplosan, *Convolutional Neural Network* (CNN), EfficientNetV2, CLAHE dan Pembobotan kelas.



SUMMARY

NUGRAHA PUTRA RACHMADHANI. *Hyperparameter Tuning of CNN Modeling Using Bayesian Optimization for Beef Purity Identification. Supervised by AGUS BUONO and MUSHTHOFA.*

This study aims to develop an image classification model for beef, pork, and adulterated meat using the EfficientNetV2-S Convolutional Neural Network (CNN) architecture, optimized through Bayesian Optimization. The main issue addressed is the fraudulent mixing of pork into beef products, which is harmful to consumers, especially Muslims. Pork and beef share visual similarities that are difficult to distinguish with the naked eye, necessitating an approach based on digital image processing and machine learning to improve detection accuracy.

The dataset consists of 3,150 augmented images, divided into training, validation, and test sets. The preprocessing stages include applying Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) to enhance image contrast and augmenting the images through rotation and flipping. The model was developed by tuning four key parameters: learning rate, optimizer, dropout, and activation function. Experiments were conducted under various scenarios—with and without CLAHE and class weighting—across both multiclass classification and binary classification (beef-mixed and beef-pork). Model performance was evaluated using accuracy, precision, recall, and F1-score metrics, derived from the confusion matrix.

The results indicate that the application of CLAHE and class weighting significantly improves model performance. The highest accuracy achieved for multiclass classification was 96.67%, while binary classifications (beef-mixed and beef-pork) each reached 100% under certain scenarios. These results outperform those of previous studies. The integration of CLAHE and class weighting during hyperparameter tuning of the EfficientNetV2 model using Bayesian Optimization proves effective in enhancing the classification accuracy of meat images. However, classification challenges remain for test images with poor quality.

Keywords: Mixed meat, Convolutional Neural Network (CNN), EfficientNetV2, CLAHE and Class weighting.

HYPERPARAMETER TUNING PEMODELAN CNN DENGAN METODE BAYESIAN OPTIMIZATION UNTUK IDENTIFIKASI KEMURNIAN DAGING SAPI

NUGRAHA PUTRA RACHMADHANI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu Komputer

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tesis:
Dr. Toto Haryanto, S.Kom, M.Si.



Judul Tesis : *Hyperparameter Tuning* Pemodelan CNN dengan Metode Bayesian Optimization Untuk Identifikasi Kemurnian Daging Sapi.

Nama : Nugraha Putra Rachmadhani

NIM : G6501222037

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom.

Pembimbing 2:

Dr. Mushthofa, S.Kom., M.Sc.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Irman Hermadi, S.Kom., M.S., Ph.D.

NIP 197503112006041009

Dekan Sekolah Sains Data, Matematika, Dan Informatika:

Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom.

NIP 196607021993021001

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2024 sampai bulan Maret 2025 ini ialah *Classification Deep Learning*, dengan judul "*Hyperparameter Tuning* Pemodelan CNN dengan Metode *Bayesian Optimization* Untuk Identifikasi Kemurnian Daging Sapi".

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom. dan Dr. Mushthofa, S.Kom., M.Sc. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta istri dan anak tercinta (Higdy Arini dan Asshila Nura Shadrina) yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2025

Nugraha Putra Rachamadhani



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Daging Sapi	4
2.2 <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)</i>	4
2.3 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	5
2.4 EfficientNetV2	8
2.5 <i>Hyperparameter Convolutional Neural Network (CNN)</i>	8
2.6 <i>Hyperparameter Tuning Convolutional Neural Network (CNN)</i>	10
2.7 <i>Bayesian Optimization (BO)</i>	10
2.8 <i>Confusion Matrix</i>	11
III METODE	13
1. Data Penelitian	13
2. Tahapan Penelitian	13
3. Lingkungan Pengembangan	17
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Penerapan Metode CLAHE	18
4.2 Augmentasi data	19
4.3 Pembagian Data	20
4.4 Penentuan Pembobotan Kelas	21
4.5 Pengujian <i>Multiclass</i>	25
4.6 Pemodelan <i>Binary Class</i>	30
4.7 Analisa Hasil Pengujian	40
4.8 Evaluasi	45
V SIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Simpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
RIWAYAT HIDUP	56



DAFTAR TABEL

1	Komposisi Gizi Daging Ayam, Sapi, Kambing dan Babi (Departemen Kesehatan RI, 1995)	4
2	<i>Confusion matrix multi-class</i> (Ningsih 2022)	11
3	Range pencarian <i>hyperparameter tuning</i>	15
4	Skenario Eksperimen	16
5	Pembagian data penelitian sebelum dilakukan praproses	18
6	Pembagian data yang akan digunakan pada penelitian.	20
7	Skenario perbandingan bobot pada <i>multiclass</i>	21
8	Skenario perbandingan bobot pada <i>binary class</i> Oplosan dan Sapi	22
9	Skenario perbandingan bobot pada <i>binary class</i> Babi dan Sapi	23
10	Hasil Iterasi Hyperparamter Tuning dengan Data CLAHE untuk tiga class	25
11	Hasil Iterasi Hyperparamter Tuning Data CLAHE dengan pembobotan untuk tiga class	26
12	Hasil Iterasi <i>Hyperparamter Tuning</i> dengan Data Non CLAHE untuk tiga class	28
13	Hasil Iterasi Hyperparamter Tuning Data non CLAHE dengan pembobotan untuk tiga class	29
14	Hasil Pengujian Data <i>Multiclass</i>	30
15	Hasil Iterasi Hyperparamter Tuning dengan Data CLAHE class Sapi dan Oplosan	31
16	Hasil Iterasi Hyperparamter Tuning Data CLAHE dengan pembobotan untuk kelas oplosan dan sapi	32
17	Hasil Iterasi Hyperparamter Tuning dengan Data CLAHE class Sapi dan Babi	33
18	Hasil Iterasi Hyperparamter Tuning Data CLAHE dengan pembobotan untuk kelas babi dan sapi	34
19	Hasil Iterasi Hyperparamter Tuning dengan Data non CLAHE class Sapi dan Oplosan	35
20	Hasil Iterasi Hyperparamter Tuning Data non CLAHE dengan pembobotan untuk kelas oplosan dan sapi	36
21	Hasil Iterasi Hyperparamter Tuning dengan Data non CLAHE class Sapi dan Babi	37
22	Hasil Iterasi Hyperparamter Tuning Data Non CLAHE dengan pembobotan untuk kelas Babi dan Sapi	38
23	Hasil Pengujian Data <i>Binary Class</i>	39
24	<i>Best Hyperparameter multiclass</i> hasil tuning dan akurasi yang didapat.	41
25	<i>Best Hyperparameter binary class</i> oplosan dan sapi, hasil tuning dan akurasi yang didapat.	42
26	<i>Best Hyperparameter binary class</i> babi dan sapi, hasil tuning dan akurasi yang didapat.	43
27	<i>Confusion Matrix</i> Multiclass dengan data CLAHE tanpa pembobotan kelas.	45
28	<i>Confusion Matrix</i> Multiclass dengan data CLAHE dengan pembobotan kelas.	46

29	<i>Confusion Matrix Multiclass</i> dengan data non CLAHE tanpa pembobotan kelas.	46
30	<i>Confusion Matrix Multiclass</i> dengan data non CLAHE dengan pembobotan kelas.	47
31	<i>Confusion Matrix binary class</i> oplosan dan sapi dengan data CLAHE tanpa pembobotan kelas	47
32	<i>Confusion Matrix binary class</i> oplosan dan sapi dengan data CLAHE dengan pembobotan kelas	48
33	<i>Confusion Matrix binary class</i> babi dan sapi dengan data CLAHE tanpa pembobotan kelas	48
34	<i>Confusion Matrix binary class</i> babi dan sapi dengan data CLAHE dengan pembobotan kelas	48
35	<i>Confusion Matrix binary class</i> oplosan dan sapi dengan data non CLAHE tanpa pembobotan kelas	49
36	<i>Confusion Matrix binary class</i> oplosan dan sapi dengan data non CLAHE dengan pembobotan kelas	49
37	<i>Confusion Matrix binary class</i> babi dan sapi dengan data non CLAHE tanpa pembobotan kelas	49
38	<i>Confusion Matrix binary class</i> babi dan sapi dengan data non CLAHE dengan pembobotan kelas	50

DAFTAR GAMBAR

39	Arsitektur CNN (The Mathworks 2018)	5
40	Pixel dari Citra (Purwono <i>et al.</i> 2023)	5
41	Convolutional Layer (Purwono <i>et al.</i> 2022)	6
42	Pooling Layer (Purwono <i>et al.</i> 2022)	7
43	Fully Connected Layer (Purwono <i>et al.</i> 2022)	7
44	Arsitektur EfficientNetV2 (Albattah <i>et al.</i> 2022)	8
45	Tahapan Penelitian	13
46	A. Citra daging sapi sebelum penerapan CLAHE, B. Citra setelah penerapan CLAHE	18
47	A. Citra daging babi sebelum penerapan CLAHE, B. Citra setelah penerapan CLAHE	19
48	A. Citra daging oplosan sebelum penerpaan CLAHE, B. Citra setelah penerapan CLAHE	19
49	Gambar Asli	20
50	Hasil rotasi 90°	20
51	Hasil rotasi 180°	20
52	Hasil <i>Flip Horizontal</i>	20
53	Hasil <i>Flip Vertical</i>	20
54	Hasil percobaan perbandingan bobot <i>multiclass</i> penerapan CLAHE	21
55	Hasil percobaan perbandingan bobot <i>multiclass</i> tanpa CLAHE	22
56	Hasil percobaan perbandingan bobot <i>binary class</i> Oplosan dan Sapi penerapan CLAHE.	22

57	Hasil percobaan perbandingan bobot <i>binary class</i> Oplosan dan Sapi tanpa CLAHE.	23
58	Hasil percobaan perbandingan bobot <i>binary class</i> Babi dan Sapi penerapan CLAHE.	24
59	Hasil percobaan perbandingan bobot <i>binary class</i> Babi dan Sapi tanpa CLAHE.	24
60	Waktu Pelatihan per Jenis Percobaan	43
61	Rata-rata waktu pengujian per Jenis Percobaan	44