

- 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 UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KLASIFIKASI DAGING SAPI DAN DAGING BABI MENGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* EFFICIENTNET-B0 DENGAN AUGMENTASI CITRA

TUGAS AKHIR

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Informatika

Oleh



HAFEZ ALMIRZA

NIM. 11950113423



UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2023

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

**KLASIFIKASI DAGING SAPI DAN DAGING BABI
MENGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
EFFICIENTNET-B0 DENGAN AUGMENTASI CITRA**

TUGAS AKHIR

Oleh

HAFEZ ALMIRZA

NIM. 11950113423

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 6 Juli 2023

Pembimbing I,



Jasril, S.Si., M.Sc.

NIP. 19710215 200003 1 002

Pembimbing II,



Suwanto Sanjaya, S.T., M.Kom.

NIK. 130517103

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

**KLASIFIKASI DAGING SAPI DAN DAGING BABI MENGGUNAKAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK EFFICIENTNET-B0
DENGAN AUGMENTASI CITRA**

Oleh

HAFEZ ALMIRZA

NIM. 11950113423

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Pekanbaru, 7 Juli 2023

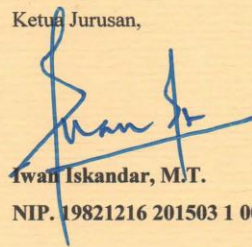
Mengesahkan,

Ketua Jurusan,



Dr. Hartono, M.Pd.

NIP. 19640301 199203 1 003



Iwan Iskandar, M.T.

NIP. 19821216 201503 1 003

DEWAN PENGUJI

Ketua : Iwan Iskandar, M.T.
Pembimbing I : Jasril, S.Si., M.Sc.
Pembimbing II : Suwanto Sanjaya, S.T., M.Kom.
Penguji I : Pizaini, S.T., M.Kom.
Penguji II : Fadhilah Syafria, S.T., M.Kom.



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Diindungi 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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis terdapat dalam naskah ini dan disebutkan didalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 2 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,

HAFEZ ALMIRZA

NIM. 11950113423

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Diindungi 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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah Rabbil'alamin

Dengan penuh rasa syukur pada Allah Subhanahu wa Ta'ala,
dan bershawat kepada Nabi Muhammad
Shallallahu Alaihi Wasallam,
telah saya selesaikan Tugas Akhir ini.

Saya persembahkan Tugas Akhir ini untuk
Orang Tua, Saudara, Keluarga, dan Teman-Teman.
Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.

UIN SUSKA RIAU

**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 UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Hafez Almirza
NIM : 11950113423
Tempat/Tgl.Lahir : 19 Oktober 2000
Fakultas : Sains dan Teknologi
Prodi : Teknik Informatika
Judul Skripsi : Klasifikasi Daging Sapi dan Daging Babi Menggunakan Convolutional Neural Network EfficientNet-B0 dengan Augmentasi Citra

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan Skripsi dengan judul sebagaimana tersebut diatas adalah hasil pemikiran penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu, Skripsi saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai perundang-undangan.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksa pihak manapun juga.

Pekanbaru, 11 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,



Hafez Almirza

NIM. 11950113423



Klasifikasi Daging Sapi dan Daging Babi Menggunakan Convolutional Neural Network EfficientNet-B0 dengan Augmentasi Citra

Hafez Almirza, Jasril, Suwanto Sanjaya*, Lestari Handayani, Fadhilah Syafria

Kampus Sains dan Teknologi, Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, Indonesia

Email: ¹hafezalmirza@gmail.com, ²jasril.uinsuska@gmail.com, ^{3,*}suwantosanjaya@uin-suska.ac.id,

⁴lestari.handayani@uin-suska.ac.id, ⁵fadhilah.syafria@uin-suska.ac.id

Email Penulis Korespondensi: suwantosanjaya@uin-suska.ac.id

Abstrak—Peningkatan penjualan daging sapi palsu sejalan dengan permintaan daging yang terus meningkat di Indonesia. Daging palsu, yaitu daging oplosan sapi dan babi maupun daging babi murni yang dijual sebagai daging sapi dapat dibedakan menggunakan klasifikasi citra. Penelitian ini melakukan klasifikasi daging babi, oplosan, dan sapi menggunakan model Convolutional Neural Network (CNN) arsitektur EfficientNet-B0. Penelitian ini menggunakan metode augmentasi citra untuk memperbanyak citra dengan tujuan meningkatkan akurasi klasifikasi. Total citra asli adalah 900 citra, sementara itu total citra hasil augmentasi adalah 9000. Data citra tersebut dibagi menggunakan dua rasio pembagian data, yaitu 80:20 dan 90:10. Hasil akurasi klasifikasi tertinggi diperoleh oleh model yang menggunakan citra augmentasi dan rasio pembagian data 90:10, dengan kombinasi hyperparameter optimizer Adamax, hidden activation Swish, dan learning rate 0.1 dengan hasil accuracy 97,11%, precision 97,14%, recall 97,11%, dan F1-Score 97,11%. Sementara itu akurasi tertinggi model yang menggunakan citra asli dicapai oleh model yang menggunakan rasio pembagian 90:10 dengan kombinasi hyperparameter optimizer Adamax, hidden activation ReLU, dan learning rate 0.01 dengan hasil accuracy 96,78%, precision 96,92%, recall 96,78%, dan F1-Score 96,78%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode augmentasi citra dapat meningkatkan akurasi klasifikasi

Kata Kunci: Klasifikasi; Convolutional Neural Network; EfficientNet-B0; Citra; Augmentasi

Abstract—The increase in counterfeit beef sales is in line with the growing demand for meat in Indonesia. Counterfeit meat, namely mixed beef and pork and pure pork sold as beef, can be distinguished using image classification. This study classifies pork, mixed, and beef using the Convolutional Neural Network (CNN) model of the EfficientNet-B0 architecture. This study uses the image augmentation method to augment the image with the aim of improving classification accuracy. The total original image is 900, while the total augmented image is 9000. The image data is divided using two data division ratios, namely 80:20 and 90:10. The highest classification accuracy results were obtained by a model using augmented images and a data division ratio of 90:10, with a combination of Adamax hyperparameter optimizer, Swish hidden activation, and a learning rate of 0.1, with an accuracy of 97.11%, precision of 97.14%, recall of 97.11%, and F1-Score of 97.11%. Meanwhile, the highest accuracy of the model using the original image is achieved by the model using a 90:10 division ratio with a combination of hyperparameter optimizer Adamax, hidden activation ReLU, and learning rate 0.01 with the results of accuracy 96.78%, precision 96.92%, recall 96.78%, and F1-Score 96.78%. The results show that the use of image augmentation methods can improve classification accuracy.

Keywords: Classification; Convolutional Neural Network; EfficientNet-B0; Image; Augmentation

1. PENDAHULUAN

Mengacu pada data *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD), konsumsi daging sapi Indonesia tahun 2022 adalah 2.226 per kapita, meningkat dari tahun 2021 yang hanya 2.203 perkapita. Meningkatnya konsumsi daging sapi masyarakat menyebabkan kelangkaan. Kelangkaan daging sapi dan meningkatnya permintaan masyarakat terhadap daging sapi dimanfaatkan oleh pedagang yang tidak bertanggung jawab dengan mencampur daging babi pada daging sapi. Pada tahun 2016 di kota Surabaya, polisi menyita barang bukti 16 kg daging sapi bercampur daging babi[1]. Kasus serupa juga terjadi di kota Tangerang pada tahun 2020, polisi menangkap seorang pelaku yang mencampur daging sapi dengan daging babi[2]. Di tahun yang sama, Polresta Bandung menjaring empat pelaku pengoplos daging babi yang dijual seolah-olah daging sapi di wilayah Kabupaten Bandung[3].

Daging sapi, babi dan oplosan dapat diklasifikasikan dengan memanfaatkan teknologi *image processing* melalui algoritma *Machine Learning*(ML). Beberapa penelitian terkait klasifikasi menggunakan ML telah beberapa kali dilakukan, seperti penelitian Budianita *et. al.*, dilakukan pengolahan citra untuk klasifikasi daging babi dan daging sapi berdasarkan warna dan tekstur dengan metode *Hue Saturation Value* (HSV) dan *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) lalu diklasifikasikan menggunakan algoritma K-Nearest *Neighbour*(KNN)[4]. Penelitian Handayani *et. al.*, melakukan klasifikasi citra tekstur daging babi dan sapi menggunakan *Probabilistik Neural Network*[5]. Penelitian lainnya dilakukan oleh Malikah *et. al.*, menggunakan metode *Ensemble Learning*[6]. Pada saat ini, klasifikasi citra daging babi dan sapi menggunakan *machine learning* telah digantikan dengan metode *Deep Learning* dengan *Convolutional Neural Network*(CNN).

Penelitian terkait klasifikasi daging sapi, babi, dan oplosan menggunakan *CNN* telah dilakukan beberapa kali. Penelitian mengenai klasifikasi daging sapi dan babi dilakukan Laluma *et. al.*, menggunakan *CNN* dengan *classifier Multilayer Layer Perceptron* (MLP) [7]. Penelitian lainnya dilakukan oleh Artya *et. al.*, menggunakan *CNN* dengan arsitektur AlexNet, memberikan hasil akurasi klasifikasi 68,6% menggunakan *dataset Local Binary Pattern*(LBP) dan 84,1% menggunakan dataset asli[8]. Lasniari *et. al.*, melakukan penelitian terkait klasifikasi jenis daging menggunakan *CNN* arsitektur *ResNet-50* dengan tingkat akurasi 87,64%[9]. Alhafis *et. al.*, melakukan penelitian menggunakan *CNN*



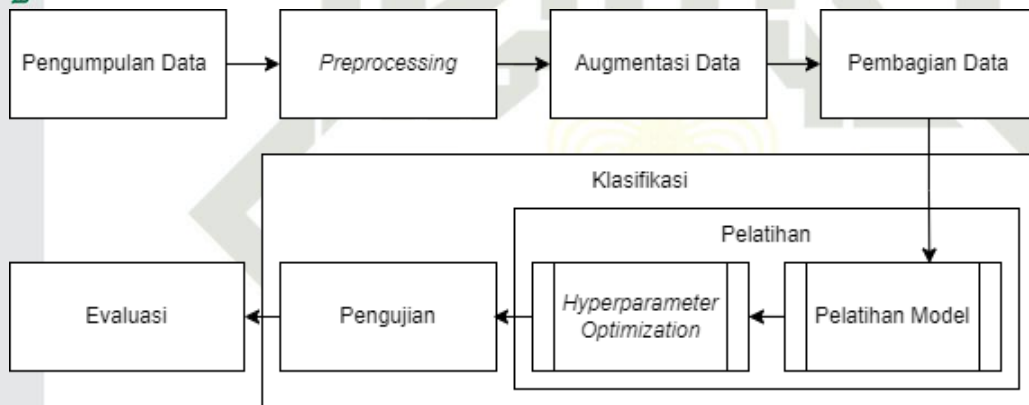
arsitektur EfficientNet-B0 dan metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*(CLAHE) untuk meningkatkan kualitas citra dengan hasil terbaik diperoleh oleh citra tanpa metode pengolahan CLAHE[10].

Penelitian sebelumnya yang menggunakan CNN dilakukan oleh Bhupendra *et. al.*, tentang klasifikasi butir beras telah digiling menggunakan CNN arsitektur EfficientNet-B0, ResNet-50, InceptionV3, MobileNetV2, dan MobileNetV3 dengan hasil akurasi tertinggi dicapai oleh arsitektur EfficientNet-B0 yang memiliki nilai akurasi 98.37% [11]. Penelitian lain mengenai klasifikasi citra menggunakan CNN dilakukan Phiadelvira dengan teknik augmentasi citra untuk klasifikasi kanker serviks [12]. Penelitian tersebut memiliki nilai akurasi 100% menggunakan hasil augmentasi, sedangkan jika tanpa proses augmentasi hanya mendapatkan nilai tertinggi 66.67%.

Penelitian ini menggunakan CNN arsitektur EfficientNet-B0 dengan metode Augmentasi untuk meningkatkan kualitas citra. Penggunaan teknik augmentasi citra pada penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan akurasi klasifikasi. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk melihat kinerja CNN arsitektur EfficientNet-B0 untuk klasifikasi daging sapi dan babi serta membandingkan hasil klasifikasi model yg menggunakan citra asli dan model dengan augmentasi citra.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian merupakan bagian integral dalam proses penelitian yang dirancang secara sistematis untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Melalui tahapan-tahapan ini, peneliti dapat memperoleh pemahaman mendalam tentang subjek penelitian dan menghasilkan temuan yang valid dan bermakna. Setiap tahapan memiliki peran penting dalam menyusun kerangka penelitian, merancang metode yang tepat, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menarik kesimpulan yang relevan. Tahapan penelitian yang akan diterapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

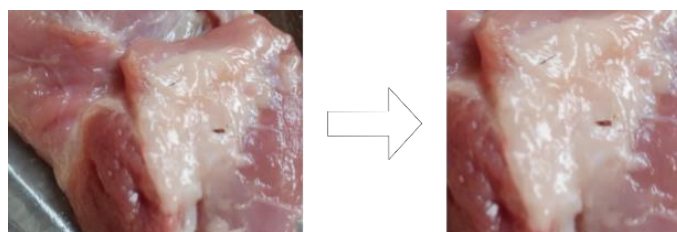
Tahap pengumpulan data dilakukan dengan mengambil citra daging babi, oplosan, dan sapi. Data citra yang digunakan pada penelitian ini adalah citra yang didapat secara mandiri. Daging didapatkan dari pasar yang berlokasi di Kota Pekanbaru, Riau. Citra setiap jenis daging diambil secara langsung menggunakan kamera ponsel Xiaomi Redmi Note 8 Pro dengan resolusi 64MP dan Vivo V20 dengan resolusi kamera 64MP. Data yang dikumpulkan berjumlah 300 untuk setiap jenis daging, sehingga totalnya adalah 900 citra daging.

2.2 Preprocessing

Citra daging yang telah diambil diolah pada tahap *preprocessing*. Tahap ini bertujuan untuk menyeragamkan citra daging sehingga proses ekstraksi informasi lebih akurat. Teknik yang dilakukan pada tahap ini adalah *crop* dan *resize*. Seluruh tahapan *preprocessing* dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *python*.

a. Crop

Crop citra dilakukan untuk menghilangkan bagian yang tidak dibutuhkan pada tepi citra yang tidak memberikan informasi pola dari daging. Bagian yang tidak diinginkan atau biasa disebut *noise* dapat mengganggu proses ekstraksi informasi dari citra.



Gambar 2. Crop pada citra daging.



b. *Resize*

Resize adalah proses untuk menyeragamkan ukuran citra yang sebelumnya telah di-*crop*. Ukuran citra yang digunakan model penelitian ini adalah 224×224 piksel, yang mana merupakan ukuran yang ditetapkan pada arsitektur EfficientNet-B0.



Gambar 3. *Resize* pada citra daging.

c. *Augmentasi*

Data citra yang digunakan pada penelitian ini untuk klasifikasi dikategorikan menjadi data asli dan data augmentasi. Hal ini dilakukan untuk membandingkan kualitas model yang dilatih antara 2 data tersebut. Augmentasi citra bertujuan untuk memperbanyak jumlah dataset sehingga model yang dilatih akan lebih maksimal tanpa harus melakukan sampel tambahan data [9]. Pada penelitian ini teknik augmentasi yang dilakukan adalah *rotation*, *horizontal flip*, *vertical flip*, dan *brightness*. Jumlah yang dihasilkan dari tahap augmentasi untuk tiap citra adalah 10 citra augmentasi, sehingga total seluruh citra augmentasi untuk adalah 3000 citra untuk masing-masing daging.



Gambar 4. Augmentasi citra dengan *flip vertical*

2.4 Pembagian Citra

Tahap ini dilakukan untuk membagi citra asli dan citra yang telah di augmentasi menjadi 3 jenis data, yaitu data latih, data validasi, dan data uji. Data dibagi dengan rasio 80:20 dan 90:10. Pembagian data dilakukan 2 tahap, yaitu data dibagi menjadi. Berikut ini adalah tabel pembagian jumlah data :

Tabel 1. Pembagian data citra

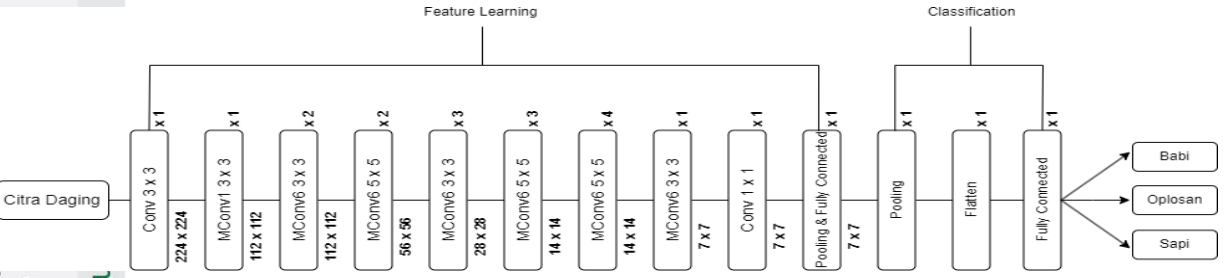
Rasio	Data	Kelas	Jumlah citra		
			Data pelatihan		Data pengujian
			Data latih	Data validasi	Data uji
80 : 20	Asli	Babi	192	48	60
		Oplosan	192	48	60
		Sapi	192	48	60
	Augmentasi	Babi	1920	480	600
		Oplosan	1920	480	600
		Sapi	1920	480	600
90 : 10	Asli	Babi	243	27	30
		Oplosan	243	27	30
		Sapi	243	27	30
	Augmentasi	Babi	2430	270	300
		Oplosan	2430	270	300
		Sapi	2430	270	300

2.5 Klasifikasi

Klasifikasi gambar pada penelitian ini dilakukan dengan model CNN arsitektur Efficient-NetB0. CNN merupakan arsitektur jaringan operasi konvolusi yang terdiri dari lapisan *convolutional*, *pooling*, dan *fully connected* yang dapat mempelajari fitur pada citra [13]. CNN mengaplikasikan *filter* konvolusi dua dimensi atau lebih pada lapisan input [14]. EfficientNetB0 adalah salah satu arsitektur *pre-trained* model yang mampu memberikan akurasi yang tinggi memperbaiki efektivitas model dengan pengoptimalan parameter[15]. Gambar 5. Arsitektur EfficientNet-B0 adalah ilustrasi arsitektur EfficientNet-B0 yang digunakan pada penelitian ini.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Sate Islamic University of Sultan Syarifudin Palembang



Gambar 5. Arsitektur EfficientNet-B0

1. Uraian yang ringkas sebagai gambaran awal penelitian, dan dapat dilihat pada Tabel 1. Pada waktu pelatihan, data validasi digunakan untuk mengevaluasi model yang sedang diteliti untuk mengurangi resiko terjadinya *overfitting*.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Undang-Undang Republik Indonesia No. 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi, Penelitian, Pengembangan, dan Penjaminan Mutu Pendidikan

Model EfficientNet-B0 dilatih menggunakan data latih yang telah dibagi sebelumnya. Jumlah data yang digunakan adalah 1000 gambar asli dan 1000 gambar augmentasi. Pada waktu pelatihan, data validasi digunakan untuk mengevaluasi model yang sedang diteliti untuk mengurangi resiko terjadinya *overfitting*.

Pada tahap pelatihan, diterapkan proses *hyperparameter optimization* atau optimasi *hyperparameter*. Optimasi *hyperparameter* adalah upaya untuk mengidentifikasi kombinasi *hyperparameter* dan mengoptimalkan loss function pada model *neural network*[16]. Pada penelitian ini optimasi *hyperparameter* pada diterapkan pada *activation function*, *optimizer*, dan *learning rate*.

Activation function atau fungsi aktivasi adalah fungsi yang menentukan aktif atau tidaknya neuron pada lapisan *neural network* dengan tujuan untuk menciptakan ke-nirlanjar-an pada output neuron. Fungsi aktivasi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Leaky ReLU, ReLU, dan Swish.

Optimizer yang akan digunakan pada penelitian ini adalah RADam(Rectified Adaptive Moment Estimation) dan Adamax. RADam adalah variasi dari adam yang menawarkan pengkoreksian dari variasi adaptive learning rate.

Berdasarkan Valova (2020), RADam memberikan performa lebih baik dari pada Adam[17].

Learning rate yang akan diterapkan dalam penelitian ini adalah 0.01 dan 0.001.

Tahapan ini adalah tahapan menguji kemampuan klasifikasi model yang telah dilatih. Tahap ini dilakukan menggunakan data uji yang berjumlah masing-masing 60 citra asli dan 600 untuk citra augmentasi pada rasio pembagian 80:20 serta 30 citra asli dan 300 citra augmentasi pada rasio pembagian 90:10.

Evaluasi adalah tahap pemeriksaan akurasi hasil eksperimen skenario pengujian dan optimasi *hyperparameter*[9]. Hasil eksperimen akan dianalisis untuk diambil kesimpulan sebagai dasar kombinasi *hyperparameter* pada percobaan selanjutnya untuk menemukan kombinasi dengan performa terbaik. Pada penelitian ini evaluasi dilakukan evaluasi menggunakan *confusion matrix*. *Confusion Matrix* adalah matriks evaluasi yang membandingkan hasil klasifikasi dengan nilai sebenarnya[18]. Model dievaluasi dengan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.

Accuracy adalah metrik untuk model klasifikasi yang mengukur perbandingan antara prediksi benar dengan keseluruhan citra.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \tag{1}$$

Precision adalah rasio prediksi benar positif dibandingkan dengan keseluruhan hasil yang diprediksi positif.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \tag{2}$$

Recall adalah rasio prediksi benar dibandingkan dengan keseluruhan data yang benar positif.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \tag{3}$$

F1-Score merupakan kombinasi antara *precision* dan *recall* dalam satu metrik. *F1-Score* menghitung rata-rata dari *precision* dan *recall*.

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision+Recall} \tag{4}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pelatihan

Pada penelitian ini dilakukan eksperimen pada lingkungan *Google Colab* dengan bahasa pemrograman pemrograman *python*. Penelitian ini memanfaatkan *library tensorflow*, *numpy*, *pandas*, *matplotlib*, dan *efficientnet* untuk setiap eksperimen. Setiap eksperimen dilakukan dengan iterasi(*epoch*) yang sama, yaitu 25 kali. Penelitian ini menggunakan



CNN metode *transfer learning* EfficientNet-B0 yang diperoleh dari *library efficientnet*. Model klasifikasi dibangun diatas EfficientNet-B0 dengan menargetkan 3 kelas, yaitu : sapi, oplosan, dan babi.

Dalam upaya mencari model dengan kinerja terbaik, dilakukan beberapa eksperimen dengan kombinasi beberapa parameter yang berbeda berdasarkan arsitektur CNN EfficientNet-B0. Nilai akurasi model pada tahap penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pelatihan model Efficientnet-B0

Rasio Model	Dataset	Optimizer	Hidden Activation	LR	Waktu training	Accuracy	Validation Accuracy
80:20	Asli	Adamax	Leaky ReLU	0.01	30m 30s	99,13%	50,69%
		Adamax	Leaky ReLU	0.1	30m 30s	97,74%	59,03%
		Adamax	ReLU	0.01	29m 29s	99,13%	61,81%
		Adamax	ReLU	0.1	31m 31s	96,35%	54,86%
		Adamax	Swish	0.01	29m 29s	99,48%	61,11%
		Adamax	Swish	0.1	30m 30s	97,05%	65,28%
		RAdam	Leaky ReLU	0.01	30m 30s	97,22%	55,56%
		RAdam	Leaky ReLU	0.1	30m 30s	94,27%	54,17%
		RAdam	ReLU	0.01	30m 30s	98,44%	55,56%
		RAdam	ReLU	0.1	30m 30s	93,75%	43,75%
		RAdam	Swish	0.01	27m 27s	99,13%	61,81%
		RAdam	Swish	0.1	29m 29s	93,75%	59,03%
	Augmentasi	Adamax	Leaky ReLU	0.01	4h 53m 53s	98,56%	72,78%
		Adamax	Leaky ReLU	0.1	4h 9m 9s	96,68%	70,49%
		Adamax	ReLU	0.01	4h 36m 36s	98,66%	74,10%
		Adamax	ReLU	0.1	4h 44m 44s	97,14%	74,37%
		Adamax	Swish	0.01	4h 38m 38s	98,84%	73,40%
		Adamax	Swish	0.1	3h 43m 43s	97,93%	77,99%
		RAdam	Leaky ReLU	0.01	4h 23m 23s	97,27%	67,64%
		RAdam	Leaky ReLU	0.1	4h 31m 31s	89,24%	77,08%
		RAdam	ReLU	0.01	4h 48m 48s	97,38%	77,92%
		RAdam	ReLU	0.1	4h 29m 29s	91,77%	70,69%
		RAdam	Swish	0.01	4h 10m 10s	97,52%	64,51%
		RAdam	Swish	0.1	4h 28m 28s	92,19%	65,97%
90:10	Asli	Adamax	Leaky ReLU	0.01	30m 46s	98,90%	85,19%
		Adamax	Leaky ReLU	0.1	36m 29s	97,67%	83,95%
		Adamax	ReLU	0.01	33m 25s	98,90%	81,48%
		Adamax	ReLU	0.1	33m 36s	98,08%	83,95%
		Adamax	Swish	0.01	32m 06s	99,18%	87,65%
		Adamax	Swish	0.1	35m 49s	97,39%	82,72%
		RAdam	Leaky ReLU	0.01	34m 13s	98,77%	80,25%
		RAdam	Leaky ReLU	0.1	34m 11s	91,77%	79,01%
		RAdam	ReLU	0.01	37m 28s	97,26%	87,65%
		RAdam	ReLU	0.1	33m 53s	92,32%	80,25%
		RAdam	Swish	0.01	33m 25s	98,35%	77,78%
		RAdam	Swish	0.1	37m 31s	92,73%	79,01%
	Augmentasi	Adamax	Leaky ReLU	0.01	4h 38m 39s	98,67%	70,99%
		Adamax	Leaky ReLU	0.1	5h 49m 55s	96,38%	68,64%
		Adamax	ReLU	0.01	5h 07m 35s	98,79%	68,15%
		Adamax	ReLU	0.1	5h 23m 48s	97,37%	67,65%
		Adamax	Swish	0.01	3h 30m 03s	99,05%	73,95%
		Adamax	Swish	0.1	5h 29m 09s	97,17%	68,02%
		RAdam	Leaky ReLU	0.01	5h 21m 53s	97,05%	71,11%
		RAdam	Leaky ReLU	0.1	5h 33m 59s	88,41%	66,91%
		RAdam	ReLU	0.01	5h 03m 28s	97,78%	70,12%
		RAdam	ReLU	0.1	5h 15m 31s	87,94%	69,01%
		RAdam	Swish	0.01	4h 40m 43s	97,54%	70,00%
		RAdam	Swish	0.1	5h 17m 40s	91,33%	74,81%

LR = Learning Rate

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa rasio pembagian 90:10 memberikan nilai akurasi validasi yang lebih baik daripada rasio 80:20. Akurasi pelatihan tertinggi dicapai oleh model percobaan ke-29 pada dataset citra asli. Sementara

2. Diarhang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

Dianggap mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

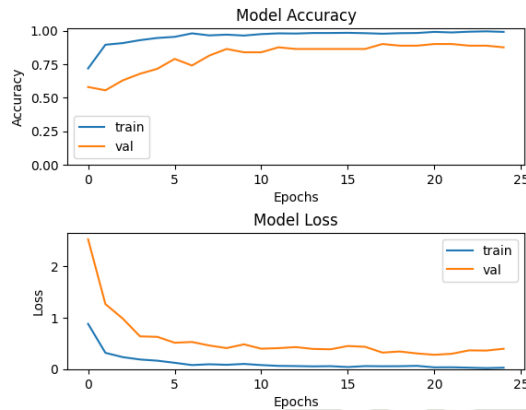
Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

Harus Diindragi dan Diindragi

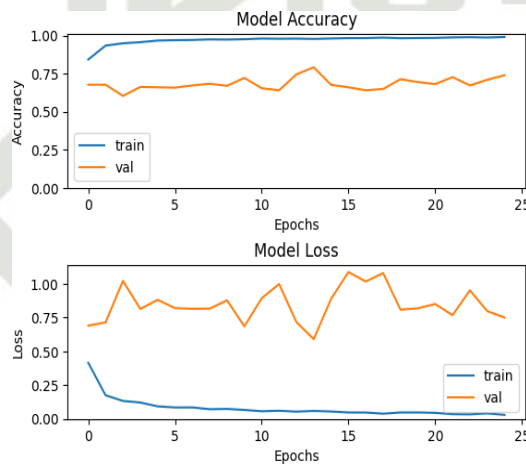
Harus Diindragi dan Diindragi

itu, untuk dataset augmentasi dicapai oleh pada percobaan ke-41. Grafik *loss* dan *accuracy* dari pelatihan 2 model tersebut dapat dilihat pada .



Gambar 6. Grafik *accuracy* dan *loss* model 29 yang menggunakan citra asli

Gambar 6 merupakan grafik *loss* dari model 29 dengan *optimizer* Adamax, *activation* Swish, dan *learning rate* menggunakan dataset asli. Tingkat akurasi pelatihan dan akurasi validasi adalah 99,18% dan 87,65%.



Gambar 7. Grafik *accuracy* dan *loss* model ke-41 yang menggunakan citra augmentasi

Gambar 7 merupakan grafik *loss* dari model *optimizer* Adamax, *activation* Swish, dan *learning rate* 0.01 menggunakan dataset augmentasi. Angka akhir akurasi pelatihan dan akurasi validasi adalah 99,05% dan 73,95%.

3.2 Pengujian

Model-model yang telah dilatih akan diuji untuk klasifikasi citra daging menggunakan data uji. Hasil pengujian model yang memiliki performa terbaik dalam klasifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian menggunakan data uji

No. Model	Rasio	Dataset	Optimizer	Hidden act.	LR	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	Presisi Sapi
2	80:20	Asli	Adamax	Leaky ReLU	0.1	91,67%	92,10%	91,67%	91,66%	92,06%
3	80:20	Asli	Adamax	ReLU	0.01	92,22%	92,81%	92,22%	92,15%	89,55%
20	80:20	Augmentasi	RAdam	Leaky ReLU	0.1	94,17%	94,17%	94,17%	94,17%	94,47%
21	80:20	Augmentasi	RAdam	ReLU	0.01	95,06%	95,12%	95,06%	95,06%	92,50%
27	90:10	Asli	Adamax	ReLU	0.01	96,78%	96,92%	96,78%	96,78%	93,75%
29	90:10	Asli	Adamax	Swish	0.01	96,56%	96,62%	96,56%	96,54%	96,55%
42	90:10	Augmentasi	Adamax	Swish	0.1	97,11%	97,14%	97,11%	97,11%	95,16%
48	90:10	Augmentasi	RAdam	Swish	0.1	96,00%	96,01%	96,00%	96,00%	95,95%

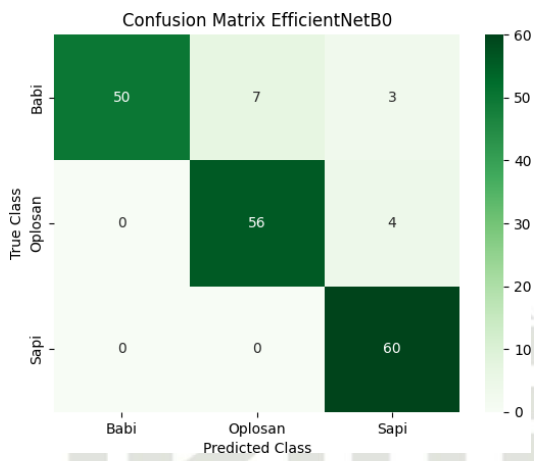
LR = Learning Rate

Tabel 3 merupakan tabel yang menunjukkan hasil pengujian klasifikasi menggunakan data uji pada beberapa model dengan kinerja terbaik. Model dengan rasio pembagian data 90:10 memberikan hasil yang lebih tinggi daripada model dengan rasio pembagian 80:20. Nilai tertinggi menggunakan rasio bagi 80:20 dicapai oleh model ke-3 menggunakan citra asli dan model ke-21 menggunakan citra augmentasi. Sedangkan untuk rasio bagi 90:10 dicapai oleh

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang
 Diarang 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 UIN Suska Riau.
 2. Diarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

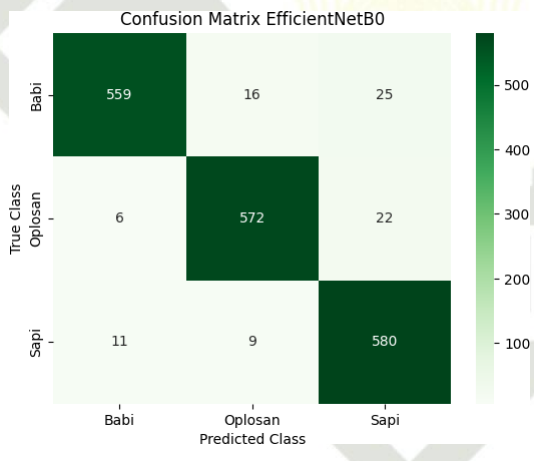
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

model ke-27 menggunakan citra asli dan model ke-42 menggunakan citra augmentasi. Sementara itu angka presisi tertinggi untuk klasifikasi sapi dicapai oleh model ke-29 untuk citra asli serta model ke-48 untuk citra augmentasi. Nilai *precision* terhadap dipilih untuk mengukur kualitas model dengan *false positive* terendah yang merupakan resiko tertinggi. Pengukuran evaluasi dihitung berdasarkan angka hasil klasifikasi menggunakan data uji yang dibentuk menjadi *confusion matrix*. Berikut ini adalah *confusion matrix* dari beberapa model diatas.



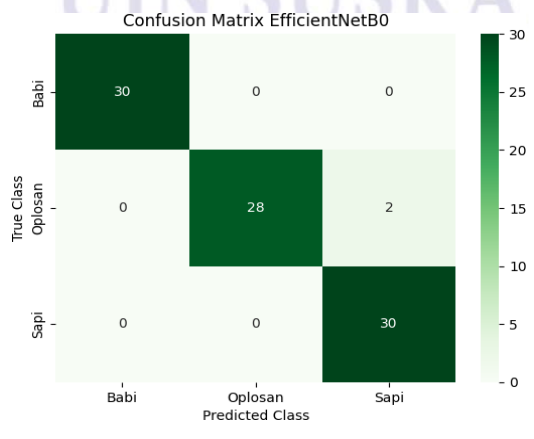
Gambar 8. Confusion matrix model ke-3

Gambar 8 merupakan *confusion matrix* dari model ke-3 yang menggunakan rasio bagi 80:20 dan citra asli, dengan kombinasi *hyperparameter* berikut: *optimizer* Adamax, *hidden activation* ReLU, dan *learning rate* 0,01. Model ini memiliki nilai *accuracy* 92,22%, *precision* 92,81%, *recall* 92,22%, dan *f1-score* 92,15%



Gambar 9. Confusion matrix model ke-21

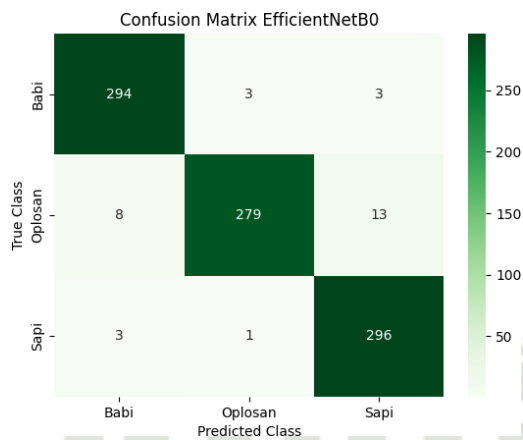
Gambar 9 merupakan *confusion matrix* dari model ke-21 yang menggunakan rasio bagi 80:20 dan citra augmentasi, dengan kombinasi *hyperparameter* berikut: *optimizer* RAdam, *hidden activation* ReLU, dan *learning rate* 0,01. Model ini memiliki nilai *accuracy* 95,06%, *precision* 95,12%, *recall* 95,06%, dan *f1-score* 95,06%



Gambar 10. Confusion matrix model ke-27

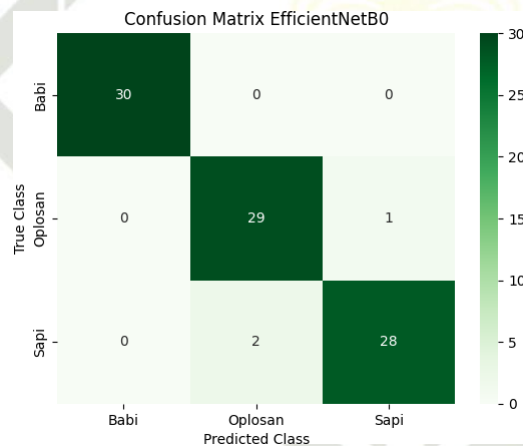
Gambar 10 menunjukkan *confusion matrix* pada hasil klasifikasi dari model ke-27 dengan *optimizer* Adamax, *activation* ReLU, dan *learning rate* 0.01 menggunakan dataset asli. Data yang digunakan pada pelatihan model ini memiliki rasio bagi 90:10. Model ini memiliki nilai *accuracy* 96,78%, *precision* 96,92%, *recall* 96,78%, dan *f1-score* 96,78%

Diilindungi Undang-Undang
 Hak cipta milik UIN Suska Riau
 Tidak diperdipakai sebagai bagian 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 UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



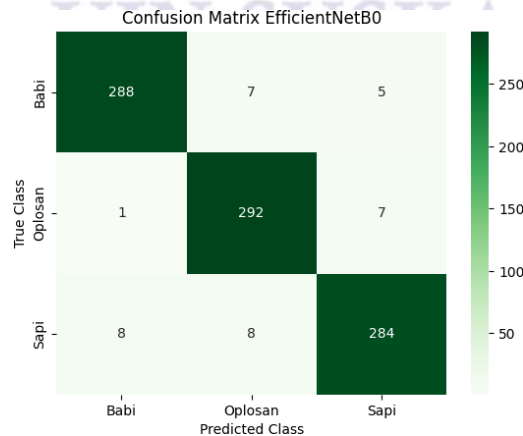
Gambar 11. *Confusion matrix* model ke-42

Gambar 11 adalah *Confusion Matrix* yang memetakan hasil klasifikasi dari model ke-42 dengan *optimizer* Adamax, *activation* Swish, dan *learning rate* 0.1 menggunakan dataset augmentasi. Model ini merupakan model dengan nilai akurasi tertinggi, dengan nilai *accuracy* 97,11%, *precision* 97,14%, *recall* 97,11%, dan *f1-score* 97,11%



Gambar 12. *Confusion matrix* model ke-29

Gambar 12 adalah *confusion matrix* yang memetakan hasil klasifikasi dari model ke-29 yang menggunakan rasio bagi 90:10. Model ke-29 memiliki kombinasi *hyperparameter* sebagai berikut : *optimizer* Adamax, *activation* Swish, dan *learning rate* 0.01 menggunakan dataset asli. Nilai presisi sapi pada model ini adalah 96,55%.



Gambar 13. *Confusion matrix* model ke-48



Gambar 13 menunjukkan confusion matrix dari model ke-48 yang menggunakan *optimizer* RAdam, *activation* dan *learning rate* 0.1 menggunakan dataset augmentasi. Nilai presisi sapi pada model ini adalah 95,95%.

4. KESIMPULAN

Klasifikasi citra daging sapi, daging babi, dan daging hasil oplosan pada penelitian ini menggunakan CNN arsitektur *efficientNet-B0*. Citra daging diperoleh secara mandiri dengan jumlah 300 citra setiap jenis daging. Data citra daging dibagi dengan rasio 80:20 dan 90:10. Data citra dibedakan menjadi data asli dengan jumlah 300 setiap jenis daging dan data hasil augmentasi dengan jumlah 3000 untuk tiap jenis daging. Pengujian pada model yang telah dilatih dilakukan dengan pengukuran *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-Score*. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan hasil akurasi tertinggi yang menggunakan rasio bagi 90:10 dicapai oleh model menggunakan citra asli dengan *optimizer* Adam, *hidden activation* Swish, dan *learning rate* 0,1 dengan hasil akurasi 97,11%, *presisi* 97,14%, *recall* 97,11%, dan *F1-Score* 97,11%. Sedangkan untuk rasio bagi 80:20, hasil akurasi tertinggi dicapai oleh model menggunakan citra augmentasi dengan *optimizer* RAdam, *hidden activation* ReLU, dan *learning rate* 0,01 dengan hasil akurasi 95,06%, *presisi* 95,12%, *recall* 95,06%, dan *F1-Score* 95,12%. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode augmentasi citra dapat meningkatkan akurasi klasifikasi dan penggunaan rasio pembagian data 90:10 pada model memberikan performa lebih baik daripada rasio pembagian data 80:10. Untuk penelitian selanjutnya, direkomendasikan untuk penggunaan citra yang lebih beragam dan penggunaan teknik *learning rate scheduling* untuk meningkatkan akurasi, karena *learning rate* berpengaruh signifikan pada penelitian ini.

REFERENCES

- I. Wahyudiyanta, "Polisi Bongkar Penjualan Daging Sapi Dicampur Daging Babi di Surabaya," 2016. <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-3218411/polisi-bongkar-penjualan-daging-sapi-dicampur-daging-babi-di-surabaya> (accessed Dec. 07, 2022).
- S. Wiryono, "Fakta Kasus Daging Oplosan Sapi dan Babi di Tangerang, Kelabui Pembeli dengan Harga Murah Halaman all - Kompas.com," 2020. <https://megapolitan.kompas.com/read/2020/05/19/07120811/fakta-kasus-daging-oplosan-sapi-dan-babi-di-tangerang-kelabui-pembeli?page=all> (accessed Dec. 07, 2022).
- M. Iqbal, "Polisi Sebut Babi Disulap Jadi Daging 'Sapi' Beredar di 3 Kecamatan Bandung," 2020. <https://news.detik.com/berita-jawa-barat/d-5010943/polisi-sebut-babi-disulap-jadi-daging-sapi-beredar-di-3-kecamatan-bandung> (accessed May 23, 2023).
- E. Budianita, J. Jasril, and L. Handayani, "Implementasi Pengolahan Citra dan Klasifikasi K-Nearest Neighbour Untuk Membangun Aplikasi Pembeda Daging Sapi dan Babi Berbasis Web," *J. Sains dan Teknol. Ind.*, vol. 12, no. Vol 12, No 2 (2015): Juni 2015, pp. 242–247, 2015, [Online]. Available: <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/sitekin/article/view/1005>
- L. Handayani *et al.*, "Comparison of target Probabilistic Neural network (PNN) classification for beef and pork," *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 95, no. 12, pp. 2753–2760, 2017.
- M. Malikhah, R. Sarno, and S. I. Sabilla, "Ensemble Learning for Optimizing Classification of Pork Adulteration in Beef Based on Electronic Nose Dataset," *Int. J. Intell. Eng. Syst.*, vol. 14, no. 4, pp. 44–55, 2021, doi: 10.22266/ijies2021.0831.05.
- R. H. Laksana, B. Sugiarto, A. Santriyana, A. G. Azwar, N. Nurwathi, and G. Gunawan, "Klasifikasi Perbedaan Daging Sapi Dan Daging Babi Dengan Metode Convolutional Neural Network Berbasis Web," *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.32897/infotronik.2021.6.1.603.
- A. H. Artya, J. Jasril, S. Sanjaya, F. Syafria, and E. Budianita, "Implementasi Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Daging Menggunakan Fitur Ekstraksi Tekstur dan Arsitektur AlexNet," *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 9, no. 3, p. 635, 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i3.4177.
- S. Lasnari, J. Jasril, S. Sanjaya, F. Yanto, and M. Affandes, "Klasifikasi Citra Daging Babi dan Daging Sapi Menggunakan Deep Learning Arsitektur ResNet-50 dengan Augmentasi Citra," *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 3, no. 4, p. 450, 2022, doi: 10.30865/json.v3i4.4167.
- G. Y. Athafis, S. Sanjaya, F. Syafria, and E. Budianita, "Klasifikasi Citra Daging Sapi dan Daging Babi Menggunakan Ekstraksi Ciri dan Convolutional Neural Network," *J. Ris. Komputer*, vol. 9, no. 3, pp. 2407–389, 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i3.4175.
- Bhupendra, K. Moses, A. Miglani, and P. Kumar Kankar, "Deep CNN-based damage classification of milled rice grains using a high-magnification image dataset," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 195, p. 106811, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.COMPAG.2022.106811.
- B. Y. Phadelvira, "Klasifikasi Kanker Serviks Berdasarkan Citra Kolposkopi Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Model Alexnet," 2021, doi: 10.33387/jiko.v4i1.2606.
- F. Hu, S. Xia, J. Hu, and L. Zhang, "Transferring deep convolutional neural networks for the scene classification of high-resolution remote sensing imagery," *Remote Sens.*, vol. 7, no. 11, pp. 14680–14707, 2015, doi: 10.3390/rs71114680.
- S. Khan, H. Rahmani, S. A. A. Shah, and M. Bennamoun, "A Guide to Convolutional Neural Networks for Computer Vision," *Synth. Lect. Comput. Vis.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–207, 2018, doi: 10.2200/s00822ed1v01y201712cov015.
- M. Tan and Q. V. Le, "EfficientNet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks," *36th Int. Conf. Mach. Learn. ICML 2019*, vol. 2019-June, pp. 10691–10700, 2019, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.11946>.
- N. M. Aszemi and P. D. D. Dominic, "Hyperparameter optimization in convolutional neural network using genetic algorithms," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 10, no. 6, pp. 269–278, 2019, doi: 10.14569/ijacsa.2019.0100638.
- I. Valova, C. Harris, T. Mai, and N. Gueorguieva, "Optimization of convolutional neural networks for imbalanced set classification," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 176, pp. 660–669, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.09.038.
- H. Agham and E. Heravi, *Guide to Convolutional Neural Networks: A Practical Application to Traffic-Sign Detection and Classification*. 2017. doi: 10.1007/978-3-319-57550-6.