



PENGEMBANGAN MODEL ESTIMASI PRODUKSI SUSU SAPI BERBASIS *MACHINE LEARNING* - *FUZZY INTEGRAL*

ZA'IMATUN NISWATI



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik 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 DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Pengembangan Model Estimasi Produksi Susu Sapi Berbasis *Machine Learning - Fuzzy Integral*” 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 disertasi ini.

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

Bogor, Februari 2026

Za’imatun Niswati
G661194091

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

ZA'IMATUN NISWATI. Pengembangan Model Estimasi Produksi Susu Sapi Berbasis *Machine Learning - Fuzzy Integral*. Dibimbing oleh SRI NURDIATI, AGUS BUONO dan CECE SUMANTRI.

Susu merupakan salah satu produk pangan yang berasal dari sektor peternakan dan dikonsumsi oleh berbagai kelompok usia, mulai dari balita hingga lansia. Laju pertumbuhan populasi sapi perah serta produksi susu sapi domestik masih belum mampu mengimbangi pertumbuhan konsumsi nasional. Akibatnya, sebagian besar kebutuhan akan produk susu dan turunannya dipenuhi melalui impor, yang trennya terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dikembangkan model estimasi produksi susu sapi.

Penentuan produksi susu pada sapi perah memiliki signifikansi yang tinggi dalam industri peternakan karena menjadi dasar pengambilan keputusan strategis pada berbagai aspek manajemen produksi. Produksi susu tidak hanya merefleksikan performa fisiologis dan status kesehatan sapi perah, tetapi juga menjadi indikator utama efisiensi penggunaan pakan, keberhasilan program pemuliaan, serta efektivitas praktik pemeliharaan. Ketepatan estimasi produksi susu memungkinkan peternak melakukan perencanaan nutrisi yang lebih presisi, meminimalkan biaya operasional, serta memaksimalkan output produksi. Data produksi susu yang akurat diperlukan untuk proses seleksi genetik, terutama dalam mengidentifikasi induk-induk unggul yang memiliki potensi laktasi tinggi pada generasi berikutnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan ekstraksi fitur citra sapi untuk estimasi produksi susu, membangun model estimasi produksi susu sapi berbasis *machine learning*, membangun model integrasi *machine learning - fuzzy integral* dalam estimasi produksi susu sapi. Model ini membantu peternak dalam estimasi jumlah sapi perah yang perlu dibudidayakan oleh peternak maupun perusahaan peternakan untuk memenuhi kebutuhan nasional. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstraksi fitur menggunakan VGG16 dan YOLOv8, serta prediksi menggunakan *machine learning*. Selanjutnya *ensemble random forest regressor*, *XGBoost*, *support vector regressor* dan *LightGBM* diintegrasikan dengan *fuzzy choquet integral*.

Model estimasi berbasis *machine learning* konvensional masih terbatas, terutama dalam pengolahan data terbatas dan mengatasi ketidakpastian. Dalam penelitian ini, *fuzzy integral* berperan penting dalam menggabungkan data dari berbagai sumber dengan mempertimbangkan tingkat kepercayaan sumber informasi masing-masing. Kelebihan *fuzzy integral* adalah untuk *ensemble learning* karena mampu menggabungkan informasi dari berbagai sumber. Jenis *fuzzy* ini memiliki kemampuan untuk menangani ketidakpastian yang terkait dengan proses penggalan dan pemrosesan informasi.

Fuzzy integral mempertimbangkan bukti objektif yang diberikan oleh masing-masing sumber informasi (disebut *f-function*) serta nilai harapan dari setiap himpunan bagian sumber informasi melalui *fuzzy measure* dalam proses pengambilan keputusan. *Bayesian Optimization* digunakan untuk mencari *fuzzy measure* yang optimal dengan tujuan meminimalkan kesalahan prediksi, sementara *fuzzy Choquet integral* untuk mengagregasikan model regresi yang heterogen

dengan mempertimbangkan tingkat kontribusi dan interaksi antar model, sehingga menghasilkan peningkatan akurasi estimasi produksi susu. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan model serupa. Namun, dalam penelitian ini dilakukan pengembangan metode *Bayesian Optimization* pada parameter *fuzzy integral* yang diintegrasikan dengan *ensemble machine learning*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *ensemble machine learning* dan *fuzzy integral* memberikan hasil yang lebih baik dibanding model yang menggunakan algoritma *XGBoost* dengan *tuning*. Kesalahan estimasi model (MAE) turun dari 0,74 menjadi 0,65. Model *ensemble machine learning* dan *fuzzy choquet integral* mampu menjelaskan 87% variasi produksi susu aktual dalam penelitian ini. Kebaruan penelitian ini adalah penggunaan VGG16, dan YOLOv8 untuk ekstraksi fitur citra sapi perah, integrasi *ensemble machine learning* dengan *fuzzy choquet integral* pada citra sapi perah untuk estimasi produksi susu, pengambilan keputusan pemilihan calon bibit sapi perah berbasis citra.

Kata kunci: *fuzzy choquet integral*, *lightGBM*, *machine learning*, *random forest regressor*, *XGBoost*.

@Hak cipta milik IPB University

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.



SUMMARY

ZA'IMATUN NISWATI. Development of a Dairy Milk Production Estimation Model Based on Machine Learning–Fuzzy Integral. Supervised by SRI NURDIATI, AGUS BUONO dan CECE SUMANTRI.

Milk is one of the food products derived from the livestock sector and is consumed by various age groups, ranging from toddlers to the elderly. However, the growth rate of dairy cattle populations and domestic milk production has not yet been able to keep pace with the increasing national consumption. Consequently, a substantial proportion of milk and dairy product demand is fulfilled through imports, the trend of which continues to rise over time. To address this issue, it is necessary to develop a reliable model for estimating dairy milk production.

Determining milk production in dairy cattle has significant importance in the livestock industry, as it serves as the basis for strategic decision-making across various aspects of production management. Milk yield not only reflects the physiological performance and health status of dairy cows but also represents a key indicator of feed efficiency, the success of breeding programs, and the effectiveness of management practices. Accurate milk production estimation enables farmers to design more precise nutritional plans, minimize operational costs, and maximize production output. Furthermore, reliable milk production data are essential for genetic selection processes, particularly in identifying superior dams with high lactation potential for subsequent generations.

The objectives of this study are: (1) to extract image features of dairy cows for milk production estimation, (2) to develop a machine learning-based milk production estimation model, and (3) to construct an integrated machine learning–fuzzy integral model for dairy milk production estimation. This model assists farmers and dairy enterprises in estimating the number of dairy cows that need to be raised to meet national demand. The methods employed in this study include feature extraction using VGG16 and YOLOv8, followed by prediction using machine learning algorithms. Subsequently, an ensemble of Random Forest Regressor, XGBoost, Support Vector Regressor, and LightGBM is integrated using the fuzzy Choquet integral.

Conventional machine learning-based estimation models remain limited, particularly in handling small datasets and managing uncertainty. In this study, the fuzzy integral plays a crucial role in aggregating information from multiple sources while considering the confidence level of each information source. The main advantage of the fuzzy integral in ensemble learning lies in its ability to combine information from heterogeneous sources. This approach is capable of addressing uncertainty associated with information extraction and processing.

The fuzzy integral considers objective evidence provided by each information source (referred to as the f -function) as well as the expected value of each subset of information sources through a fuzzy measure during the decision-making process. Bayesian Optimization is employed to identify the optimal fuzzy measure with the objective of minimizing prediction error, while the fuzzy Choquet integral is used to aggregate heterogeneous regression models by accounting for their individual contributions and interactions, thereby improving the accuracy of milk production estimation. Although several previous studies have developed related models, this

@Hak cipta IPB University

study advances the methodology by applying Bayesian Optimization to tune fuzzy integral parameters integrated with ensemble machine learning.

The results demonstrate that the ensemble machine learning combined with the fuzzy integral outperforms the tuned XGBoost model. The estimation error (MAE) decreases from 0.74 to 0.65. The ensemble machine learning and fuzzy Choquet integral model explains 87% of the variance in actual milk production in this study. The novelty of this research lies in the use of VGG16 and YOLOv8 for dairy cow image feature extraction, the integration of ensemble machine learning with the fuzzy Choquet integral for milk production estimation based on dairy cow images, and image-based decision support for selecting potential dairy breeding stock.

Keywords: fuzzy Choquet integral, lightGBM, machine learning, random forest regressor, XGBoost.

@Hak cipta milik IPB University

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia



- 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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

**PENGEMBANGAN MODEL ESTIMASI PRODUKSI
SUSU SAPI BERBASIS *MACHINE LEARNING* –
*FUZZY INTEGRAL***

ZA'IMATUN NISWATI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Komputer

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



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 Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. Aziz Kustiyo, S.Si., M.Kom
- 2 Prof. Danang Surya Candra, S.Si., M.Sc., Ph.D

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Aziz Kustiyo, S.Si., M.Kom
- 2 Prof. Danang Surya Candra, S.Si., M.Sc., Ph.D



@Hak cipta milik 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.



Judul Disertasi : Pengembangan Model Estimasi Produksi Susu Sapi Berbasis
Machine Learning - Fuzzy Integral

Nama : Za'imatun Niswati
NIM : G661194091

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Sri Nurdiati, M.Sc

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Agus Bueno, M.Si., M.Kom

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Cece Sumantri, M.Sc

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si., M.Kom.
NIP 197501301998022001

Dekan Sekolah Sains Data, Matematika dan Informatika:
Prof. Dr. Ir. Agus Bueno, M.Si., M.Kom
NIP 196607021993021001

Tanggal Ujian: 13 Januari 2026

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 2023 sampai bulan Oktober 2025 ini ialah model *machine learning – fuzzy integral* dengan judul “Pengembangan Model Estimasi Produksi Susu Sapi Berbasis *Machine Learning - Fuzzy Integral*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Sri Nurdianti, M.Sc, Prof. Dr. Ir. Agus Bueno, M.Si., M.Kom, Prof. Dr. Ir. Cece Sumantri, M.Sc yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator sidang, penguji luar komisi pembimbing dan prodi S3 ilmu komputer. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada pimpinan Universitas Indraprasta PGRI yang telah memberi izin kuliah dan penelitian. Bpk Afdan, S.Pt (*Cibugary Farm*), Bpk Maskur (Kelompok Ternak Mandiri Sejahtera) yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada kedua orang tua (Alm), suami, anak, seluruh keluarga, rekan-rekan dosen Universitas Indraprasta PGRI yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

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

Bogor, Februari 2026

Za'imatun Niswati



DAFTAR ISI

| | |
|--|----|
| DAFTAR ISI | |
| DAFTAR TABEL | |
| DAFTAR GAMBAR | |
| DAFTAR LAMPIRAN | |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Tujuan | 6 |
| 1.4 Manfaat | 6 |
| 1.5 Ruang Lingkup | 6 |
| 1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>) | 6 |
| II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 <i>Machine Learning</i> | 7 |
| 2.2 <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)</i> | 8 |
| 2.3 <i>Visual Geometry Group (VGG16)</i> | 10 |
| 2.5 <i>You Only Look Once (YOLOv8)</i> | 12 |
| 2.5 <i>Decision Tree (DT)</i> | 13 |
| 2.6 <i>Random Forest Regressor (RFR)</i> | 14 |
| 2.7 <i>Extreme Gradient Boosting (XGBoost)</i> | 16 |
| 2.8 <i>Light Gradient Boosting Machine (LightGBM)</i> | 17 |
| 2.9 <i>Support Vector Regressor (SVR)</i> | 17 |
| 2.10 <i>Fuzzy Integral</i> | 19 |
| 2.11 Evaluasi Model | 22 |
| 2.12 <i>Machine Learning</i> Dalam Bidang Peternakan | 23 |
| 2.13 Faktor-faktor yang Berkontribusi terhadap Produksi Susu sapi FH | 24 |
| 2.14 <i>Computer Vision</i> dalam Estimasi Produksi Susu | 27 |
| 2.15 Penentuan Umur Berdasarkan Pertumbuhan Gigi | 28 |
| 2.16 Morfometrik dan <i>Body Condition Score (BCS)</i> | 29 |
| 2.17 Kajian Metode Pengukuran Produksi Susu | 29 |
| III METODE | 32 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 32 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 32 |
| 3.3 Prosedur Kerja | 32 |
| 3.4 Analisis data | 33 |
| 3.5 Pra Proses | 33 |
| 3.6 Algoritma <i>Machine Learning</i> | 33 |
| 3.7 <i>Hyperparameter Tuning</i> | 44 |
| 3.8 Integrasi <i>Ensemble Machine Learning-Fuzzy Integral</i> | 46 |
| 3.9 Implementasi | 47 |
| 3.10 Evaluasi Model | 47 |
| 3.11 <i>Streamlit</i> | 48 |
| IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 49 |



| | | |
|-------|---|----|
| 4.1 | Praproses Data | 49 |
| 4.1.1 | <i>Enhancement</i> Citra | 49 |
| 4.1.2 | Ekstraksi Fitur | 50 |
| 4.1.3 | Deteksi Objek | 51 |
| 4.2 | Model <i>Machine Learning</i> | 54 |
| 4.3 | Model <i>Machine Learning-Fuzzy Integral</i> | 57 |
| 4.4 | Validasi Model <i>Machine Learning-Fuzzy Integral</i> | 59 |
| V | SIMPULAN DAN SARAN | 61 |
| 5.1 | Simpulan | 61 |
| 5.2 | Saran | 61 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 62 |
| | LAMPIRAN | 70 |
| | RIWAYAT HIDUP | 79 |

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.



DAFTAR TABEL

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Penelitian mengenai estimasi produksi susu | 3 |
| 2 | Penelitian mengenai integrasi <i>Fuzzy Integral</i> | 4 |
| 3 | Penerapan <i>computer vision</i> dalam estimasi produksi susu | 5 |
| 4 | Perbandingan fungsional ekstraksi fitur | 12 |
| 5 | Perbandingan kombinasi arsitektur <i>machine learning</i> | 18 |
| 6 | Penerapan <i>machine learning</i> dalam bidang peternakan | 23 |
| 7 | Penerapan <i>computer vision</i> dalam estimasi produksi susu | 27 |
| 8 | Umur berdasarkan gigi | 28 |
| 9 | Nilai parameter dalam <i>tuning grid search</i> | 44 |
| 10 | Statistik rasio ambing dan tubuh sapi | 52 |
| 11 | MAE, RMSE dan R^2 model <i>machine learning</i> | 55 |
| 12 | Parameter <i>tuning</i> untuk model <i>machine learning</i> | 56 |
| 13 | Evaluasi model estimasi produksi susu (liter) | 59 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Grafik Produksi susu sapi tahun 2016 sampai 2024 | 1 |
| 2 | Grafik tingkat konsumsi susu dengan produksi susu | 2 |
| 3 | Arsitektur VGG16 | 10 |
| 4 | Arsitektur VGG16 | 11 |
| 5 | Visualisasi <i>decision tree</i> | 13 |
| 6 | Prosedur validasi silang <i>5-fold</i> . | 14 |
| 7 | Algoritma <i>Random Forest Regressor</i> | 15 |
| 8 | Algoritma <i>XGBoost</i> | 16 |
| 9 | <i>Support Vector Regressor</i> | 18 |
| 10 | <i>Integral</i> dari f | 20 |
| 11 | Ukuran tubuh sapi | 30 |
| 12 | Tahapan penelitian <i>machine learning-fuzzy integral</i> | 33 |
| 13 | Proses akuisisi citra | 34 |
| 14 | Citra belakang dan citra samping | 35 |
| 15 | Tahapan pra proses ekstraksi fitur | 38 |
| 16 | <i>Flowchart Random Forest Regressor</i> | 40 |
| 17 | <i>Flowchart XGBoost</i> | 41 |
| 18 | <i>Flowchart Light Gradient Boosting Machine (LightGBM)</i> | 42 |
| 19 | <i>Flowchart support vector regressor</i> | 43 |
| 20 | <i>Flowchart Grid Search</i> | 45 |
| 21 | <i>Flowchart Fuzzy Integral Choquet</i> | 46 |
| 22 | Dataset input citra sapi | 49 |
| 23 | Citra Asli dan citra setelah <i>Enhancement</i> | 50 |
| 24 | Kurva $F1$ - <i>confidence</i> pada citra belakang | 52 |
| 25 | Kurva $F1$ - <i>confidence</i> pada citra samping | 53 |
| 26 | <i>Confusion Matrix</i> citra belakang | 53 |
| 27 | <i>Confusion Matrix</i> citra samping | 54 |
| 28 | Perbandingan R^2 Model <i>machine learning</i> | 55 |
| 29 | Perbandingan MAE Model <i>machine learning</i> | 56 |
| 30 | Model estimasi produksi susu <i>Machine Learning – Fuzzy Integral</i> | 57 |
| 31 | <i>Streamlit Machine Learning – Fuzzy Integral</i> | 59 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|---|------------------------------------|----|
| 1 | Data morfometrik produksi susu | 71 |
| 2 | Perhitungan estimasi produksi susu | 76 |



@Hak cipta milik 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.