

## PENERAPAN ALGORITMA ARTIFICIAL NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI KUALITAS BUAH APEL

Mega<sup>1</sup>, Nia Marselina<sup>2</sup>, Olivia Brilliant Chang<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Informatika, Universitas Widya Dharma Pontianak

Jl. H.O.S Cokroaminoto No. 328 Pontianak – Kalimantan Barat, Indonesia

Email: <sup>1</sup>ptkkmegaa@gmail.com, <sup>2</sup>niasel265@gmail.com, <sup>3</sup>oliviabrilliantchang@gmail.com

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan kualitas buah apel menggunakan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) sebagai solusi terhadap keterbatasan metode seleksi manual yang cenderung subjektif, memakan waktu, dan kurang efisien pada skala industri. *Dataset* yang digunakan diperoleh dari situs Kaggle dan terdiri dari 4.000 data sampel apel dengan tujuh atribut fisik: ukuran, berat, kemanisan, kerenyahan, *kejuicy-an*, kematangan, dan keasaman. Data dibagi menjadi tiga bagian menggunakan metode *stratified hold-out sampling*, yaitu 70% untuk pelatihan, 15% untuk validasi, dan 15% untuk pengujian. Model ANN yang diterapkan menggunakan arsitektur *Multilayer Perceptron* (MLP) dengan dua *hidden layer* berisi 20 dan 10 neuron serta dilatih menggunakan algoritma *Scaled Conjugate Gradient*. Evaluasi dilakukan menggunakan *confusion matrix* dan metrik seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score. Hasil menunjukkan bahwa model ANN mencapai akurasi 92% pada data pengujian dengan performa optimal pada epoch ke-106. Perbandingan dengan algoritma lain seperti *Random Forest* (88,3%) dan *Support Vector Machine* (74,7%) menunjukkan keunggulan ANN dalam klasifikasi kualitas apel. Kurva ROC dan histogram *error* memperkuat bukti bahwa model memiliki generalisasi yang baik tanpa *overfitting*. Penelitian ini membuktikan bahwa ANN dapat menjadi solusi efektif dan efisien dalam otomasi penilaian mutu buah apel serta berpotensi diterapkan lebih luas pada produk hortikultura lainnya.

Kata kunci: Artificial Neural Network, *data mining*, klasifikasi apel, kualitas buah, *machine learning*

### ABSTRACT

*This study aims to classify apple fruit quality using the Artificial Neural Network (ANN) algorithm as a solution to the limitations of manual selection methods, which tend to be subjective, time-consuming, and inefficient on an industrial scale. The dataset used was obtained from Kaggle and consists of 4,000 apple samples with seven physical attributes: size, weight, sweetness, crunchiness, juiciness, ripeness, and acidity. The data was divided into three parts using the stratified hold-out sampling method: 70% for training, 15% for validation, and 15% for testing. The ANN model implemented uses a Multilayer Perceptron (MLP) architecture with two hidden layers containing 20 and 10 neurons, and it is trained using the Scaled Conjugate Gradient algorithm. Evaluation was performed using a confusion matrix and metrics such as accuracy, precision, recall, and F1-score. The results show that the ANN model achieved 92% accuracy on the test data, with optimal performance reached at epoch 106. Comparisons with other algorithms such as Random Forest (88.3%) and Support Vector Machine (74.7%) demonstrate the superiority of ANN in classifying apple quality. The ROC curve and error histogram further confirm that the model has good generalization capabilities without overfitting. This study demonstrates that ANN is an effective and efficient solution for automating the assessment of apple fruit quality and has the potential to be more broadly applied to other horticultural products.*

Keywords: Artificial Neural Network, *data mining*, apple classification, fruit quality, *machine learning*

## 1. PENDAHULUAN

Apel dengan nama ilmiah *Malus Domestica* merupakan salah satu buah yang banyak dikonsumsi karena manfaatnya untuk kesehatan, rasanya yang terkadang manis atau asam, dan memiliki nilai gizi yang tinggi seperti vitamin, lemak baik, karbohidrat dan protein [1]. Berdasarkan data terbaru dari Badan Pusat Statistik tahun 2024, produksi apel nasional Indonesia pada tahun 2024 mencapai 1.313.100 ton, menunjukkan adanya peningkatan signifikan dibandingkan produksi tahun-tahun sebelumnya. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa apel merupakan salah satu produk hortikultura yang paling banyak diminati dan dikonsumsi oleh masyarakat, baik dalam bentuk buah segar maupun sebagai produk olahan seperti manisan, keripik, dodol, dan minuman [2]. Saat ini, proses seleksi apel masih dilakukan secara manual dengan melibatkan manusia sebagai pengambil keputusan

dalam menentukan kualitas buah, apakah dalam kondisi baik atau rusak. Metode manual ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti membutuhkan waktu yang cukup lama terutama pada skala produksi besar, serta rentan terhadap kesalahan klasifikasi akibat faktor subjektivitas dan kelelahan operator [3].

Metode yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas buah apel menjadi kategori baik atau busuk adalah dengan menggunakan *data mining*. *Data mining* adalah teknik analisis data yang melibatkan eksplorasi dari berbagai perspektif guna memperoleh informasi yang bernilai, yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan keuntungan, mengurangi biaya operasional, atau kedua tujuan tersebut [4]. Dalam penelitian ini, *data mining* diterapkan melalui algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) untuk melakukan klasifikasi kualitas buah apel berdasarkan atributnya. Penerapan metode ANN memungkinkan proses klasifikasi dilakukan secara lebih akurat dan efisien, sehingga dapat membantu meningkatkan kualitas pengambilan keputusan dalam penentuan mutu buah apel [5].

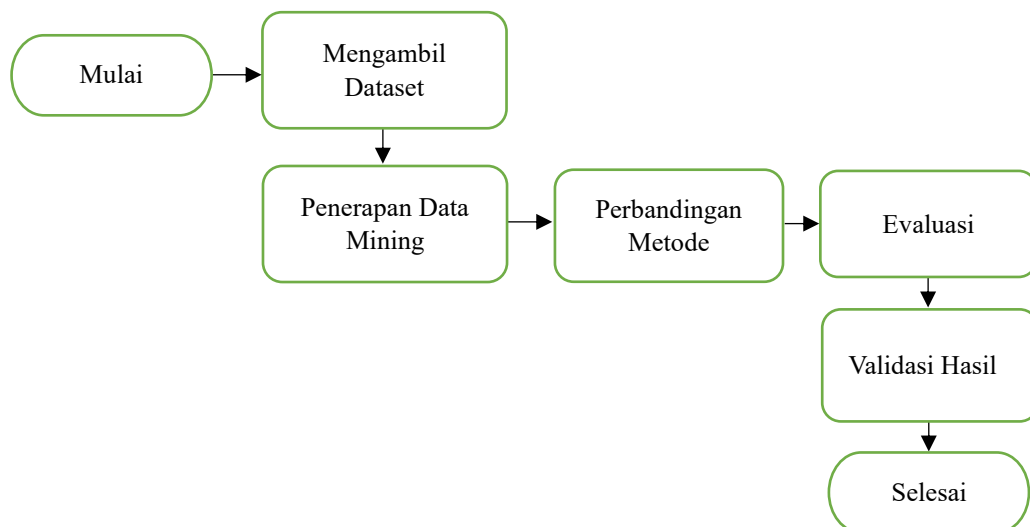
Berdasarkan penelitian terdahulu oleh [6], menunjukkan bahwa metode *Artificial Neural Network* (ANN) mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan, kualitas, dan jenis buah pisang berdasarkan warna dan bentuk dengan akurasi baik mencapai 98,7%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ANN efektif dalam penentuan kualitas buah. Kemudian berdasarkan penelitian terdahulu oleh [7], melakukan perbandingan antara tiga algoritma klasifikasi, yaitu *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest* (RF), dan ANN untuk memprediksi curah hujan di wilayah Jawa Barat. Dari hasil klasifikasi tersebut, ANN dengan konfigurasi 10 *hidden layer* memberikan akurasi tertinggi sebesar 90,28%. Selanjutnya berdasarkan penelitian terdahulu oleh [8], membandingkan lima metode klasifikasi dalam penentuan jenis spesies tanaman hutan, yaitu *K-Nearest Neighbor* (KNN), *Naive Bayes*, *Random Forest*, *Neural Network*, dan *Support Vector Machine* (SVM). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *Neural Network* memberikan hasil akurasi tertinggi, yakni 96,95%. Berdasarkan ketiga penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa algoritma ANN menunjukkan performa klasifikasi yang unggul dan konsisten, sehingga layak diterapkan dalam klasifikasi kualitas buah apel.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *Artificial Neural Network* (ANN) dalam mengklasifikasikan kualitas buah apel berdasarkan atribut-atribut fisik seperti ukuran, berat, kemanisan, kerenyahan, kesegaran, kematangan, dan keasaman, guna memperoleh hasil klasifikasi yang lebih akurat, efisien, dan konsisten dibandingkan dengan metode manual.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem klasifikasi kualitas buah apel yang lebih akurat dan efisien menggunakan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN). Dengan diterapkannya metode ini, proses seleksi buah apel yang sebelumnya dilakukan secara manual dan rentan terhadap kesalahan akibat subjektivitas manusia dapat diotomatisasi, sehingga mempercepat proses klasifikasi terutama pada skala produksi besar, sehingga mengurangi subjektivitas dan meningkatkan konsistensi hasil. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi acuan dalam penerapan teknologi *data mining* dan kecerdasan buatan di bidang pertanian, khususnya dalam penilaian mutu produk hortikultura.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan pemrosesan data dengan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN). Data dibagi menjadi dua bagian, yaitu *data training* dan *data testing*, yang digunakan untuk melatih dan menguji model. Evaluasi kinerja model dilakukan dengan menggunakan *confusion matrix* untuk mengetahui tingkat akurasi serta kemampuan model dalam mengklasifikasikan kualitas buah apel secara tepat [9].



Gambar 1. Tahapan Penelitian

### Dataset

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari situs Kaggle dengan judul *Apple Quality Dataset* yang disusun oleh Nelgiryewithana [10]. Dataset dapat diakses melalui tautan berikut: <https://www.kaggle.com/datasets/nelgiryewithana/apple-quality>. Dataset ini terdiri dari 4.000 data buah apel, yang masing-masing diklasifikasikan ke dalam dua kategori kualitas:

"good" = Apel berkualitas baik  
 "bad" = Apel berkualitas buruk

Setiap data mencakup tujuh fitur numerik sebagai berikut:

*Size* : Ukuran buah  
*Weight* : Berat dalam gram  
*Sweetness* : Tingkat kemanisan  
*Crunchiness* : Tingkat kerenyahan  
*Juiciness* : Tingkat kejuicy-an  
*Ripeness* : Tingkat kematangan  
*Acidity* : Tingkat keasaman

Kolom Label merupakan target klasifikasi, dengan nilai "good" atau "bad". Dalam tahap pemodelan, label ini dikonversi ke bentuk numerik (misalnya: *good* = 1, *bad* = 0) untuk keperluan algoritma klasifikasi.

### Artificial Neural Network (ANN)

*Artificial Neural Network* (ANN) atau Jaringan Saraf Tiruan (JST) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang dirancang untuk meniru mekanisme kerja otak manusia, terutama dalam menyelesaikan permasalahan melalui proses pembelajaran dengan penyesuaian bobot pada koneksi antar neuron. ANN didasarkan pada prinsip bahwa otak manusia mampu menyusun jaringan neuron untuk menjalankan tugas-tugas tertentu, terutama dalam hal pengenalan pola secara efisien. Secara umum, ANN merupakan generalisasi model matematis dari proses kognitif manusia yang digunakan untuk merepresentasikan hubungan kompleks antara masukan dan keluaran guna mengidentifikasi pola dalam data. Sebagai bagian dari sistem komputasi cerdas dalam bidang *machine learning*, ANN memiliki struktur algoritma paralel yang terdistribusi, terdiri dari unit-unit pemrosesan sederhana, dan mampu menyimpan serta mengadaptasi pengetahuan berdasarkan pengalaman [11]. Untuk memperoleh hasil prediksi yang optimal, penting untuk menentukan arsitektur jaringan yang sesuai, termasuk jumlah neuron dan jumlah *hidden layer* yang digunakan [7].

### Eksplorasi Dan Pengujian Metode

Eksperimen dilakukan dengan menerapkan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) untuk mengklasifikasikan kualitas buah apel ke dalam dua kategori: *good* dan *bad*, berdasarkan fitur-fitur numerik yang tersedia dalam *dataset*. Proses eksperimen mencakup dua tahapan utama, yaitu pembagian data, dan pelatihan model.

### Pembagian Dataset

Dataset yang digunakan terdiri dari 4.000 data buah apel. Data ini dibagi menjadi tiga bagian utama menggunakan metode *hold-out stratified sampling* untuk menjaga proporsi seimbang antara kelas *good* dan *bad*:

- 70% (2.800 data) digunakan sebagai data pelatihan (*training set*).
- 15% (600 data) digunakan sebagai data validasi (*validation set*).
- 15% (600 data) digunakan sebagai data pengujian (*testing set*).

Pembagian ini bertujuan untuk:

- Melatih model dengan data yang cukup representatif.
- Memvalidasi performa model secara objektif selama proses pelatihan.
- Mengukur kemampuan generalisasi model pada data baru melalui pengujian.

### Pelatihan Model ANN

Model yang digunakan adalah *Artificial Neural Network* (ANN) bertipe *Multilayer Perceptron* (MLP) dengan konfigurasi [12] sebagai berikut:

- *Input Layer*: 7 neuron, sesuai jumlah fitur (*Size*, *Weight*, *Sweetness*, *Crunchiness*, *Juiciness*, *Ripeness*, *Acidity*).
- *Hidden Layers*:  
     *Hidden Layer 1*: 20 neuron.  
     *Hidden Layer 2*: 10 neuron.

Fungsi aktivasi: *ReLU*.

- *Output Layer*: 2 neuron (menggunakan *one-hot encoding*) untuk klasifikasi biner, dengan fungsi aktivasi *softmax*.

Parameter Pelatihan:

- Algoritma Pelatihan: *Scaled Conjugate Gradient (trainscg)*.
- Fungsi Loss (Performansi): *Cross-Entropy*.
- *Software*: Pelatihan dilakukan menggunakan MATLAB dengan toolbox Neural Network.
- Pengaturan pelatihan:
  - Visualisasi menggunakan *trainWindow* aktif.
  - Akurasi dan loss dimonitor pada tiap epoch.

Selama pelatihan, dilakukan validasi untuk mencegah *overfitting*, dengan cara memantau performa model pada data validasi secara berkala. Hasil akhir kemudian diuji pada data testing untuk mengetahui kinerja sesungguhnya terhadap data baru.

### Evaluasi Dan Validasi Hasil

Setelah proses pelatihan model *Artificial Neural Network* (ANN) selesai, tahap berikutnya adalah melakukan evaluasi dan validasi untuk mengukur kinerja model dalam mengklasifikasikan kualitas buah apel pada data uji. Evaluasi ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana model mampu membedakan antara apel berkualitas *good* dan *bad* secara akurat dan konsisten.

### Confusion Matrix

*Confusion matrix* digunakan untuk menggambarkan jumlah prediksi yang benar dan salah dari masing-masing kelas. Matriks ini memberikan empat informasi utama: *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN). Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh struktur *confusion matrix* sebagai berikut:

	Prediksi: Good	Prediksi: Bad
Aktual: Good	TP	FN
Aktual: Bad	FP	TN

Nilai TP dan TN menunjukkan prediksi yang benar, sedangkan FP dan FN menunjukkan kesalahan prediksi.

### Metrik Evaluasi

Beberapa metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur kinerja model [13] adalah sebagai berikut:

1. Akurasi (*Accuracy*)

Mengukur seberapa besar proporsi prediksi yang benar dari seluruh prediksi yang dilakukan.

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

2. Presisi (*Precision*)

Mengukur ketepatan model dalam memprediksi kelas *good*.

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

3. *Recall* (*Sensitivity*)

Mengukur kemampuan model dalam menemukan semua data apel yang benar-benar *good*.

$$Recall = \frac{TP}{FN+TP}$$

4. *F1-Score*

Kombinasi presisi dan *recall* dalam satu metrik.

$$F1 = 2 \cdot \frac{Precision+Recall}{Precision.Recall}$$

### Validasi Model

Untuk memastikan hasil model tidak *overfitting*, dilakukan validasi dengan membandingkan kinerja pada *data training* dan *data testing*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa perbedaan performa antar keduanya relatif kecil, yang mengindikasikan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang baik terhadap data baru.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Penelitian

Tabel 1. Sampel dari data set

Size	Weight	Ripeness	Juiciness	Sweetness	Crunchiness	Acidity	Quality
-3.9700	-2.5123	0.3298	1.8449	5.3463	-1.0120	-0.4916	good
-1.1952	-2.8393	0.8675	0.8533	3.6641	1.5882	-0.7228	good
-0.2920	-1.3513	-0.0380	2.8386	-1.7384	-0.3426	2.6216	bad
-0.6572	-2.2716	-3.4138	3.6380	1.3249	-0.0979	0.7907	good
1.3642	-1.2966	-1.3038	3.0309	-0.3847	-0.5530	0.5020	good
-3.4254	-1.4091	1.9146	-3.8531	-1.9135	-0.5558	-2.9815	bad
1.3316	1.6360	-1.8474	3.1063	0.8760	-1.6778	2.4142	good
-1.9955	-0.4290	0.9744	0.1588	1.5306	-0.7430	-1.4701	good
-3.8676	-3.7345	4.0809	2.2929	0.9864	-1.2077	-4.8719	bad
-0.7280	-0.4428	1.6209	0.3937	-4.0922	0.5975	2.1856	bad

### Perbandingan Algoritma

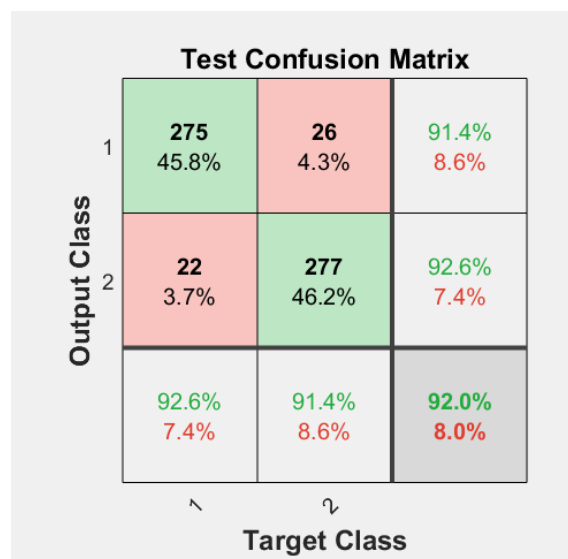
Tabel 2. Hasil pengujian perbandingan Algoritma menggunakan *K-Fold Cross-Validation* (K=5)

No	Model	Akurasi (%)
1	<i>Artificial Neural Network</i>	92
2	<i>Random Forest</i>	88,3
3	<i>Support Vector Machine (SVM)</i>	74,7

Perbandingan akurasi menggunakan *K-Fold* untuk memprediksi kualitas apel menunjukkan bahwa algoritma menggunakan *Neural Network* Memiliki akurasi yang tinggi yaitu sebesar 92%. Hal ini menunjukkan bahwa *Neural Network* sangat efektif dalam menentukan kualitas apel [14].

Berikut Hasil dari Klasifikasi menggunakan ANN:

### Confusion Matrix



Gambar 1. Confusion Matrix data uji

*Class 1 (Good)*: 275 benar (TP), 26 salah → 91.4% akurasi.

*Class 2 (Bad)*: 277 benar (TP), 22 salah → 92.6% akurasi.

Akurasi keseluruhan: 92%

### Metrik Evaluasi *Class Good*

1. Akurasi

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{FP+FN+TP+TN} = \frac{277+275}{26+22+277+275} = 0.92$$

2. Presisi

$$Precision = \frac{TP}{FP+TP} = \frac{277}{26+277} = 0.9142$$

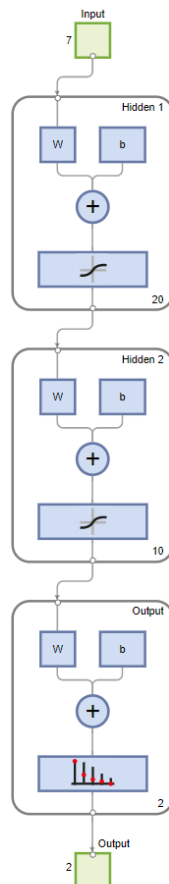
3. Recall

$$Recall = \frac{TP}{FN+TP} = \frac{277}{22+277} = 0.9264$$

4. F1-Score

$$F1 = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall} = 2 \cdot \frac{0.9142 \cdot 0.9264}{0.9142 + 0.9264} = 0.9203$$

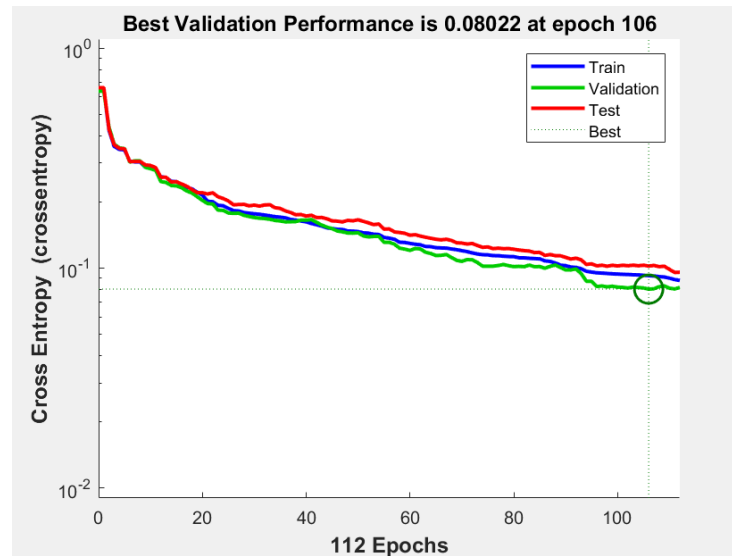
### Arsitektur Jaringan



Gambar 2. Model ANN

Model jaringan saraf tiruan yang digunakan terdiri dari tujuh neuron input, mewakili tujuh fitur dari *dataset*. Jaringan memiliki dua *hidden layer* dengan masing-masing berisi 20 dan 10 neuron, serta dua neuron output untuk klasifikasi biner (kelas 1 dan kelas 2). Aktivasi pada *hidden layer* diasumsikan menggunakan fungsi *log-sigmoid* (logsig), sedangkan *output layer* menggunakan *softmax* untuk menghasilkan probabilitas klasifikasi.

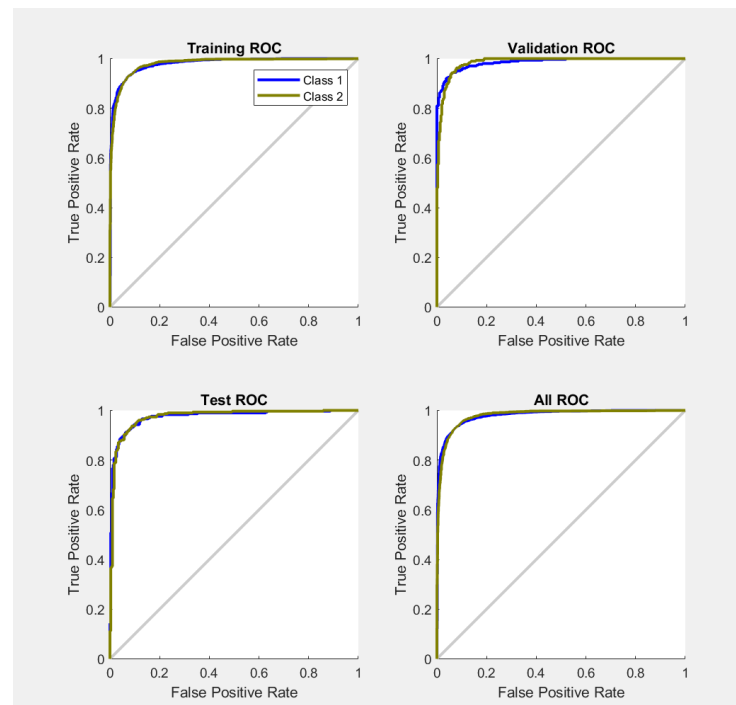
## Proses Pelatihan dan Validasi



Gambar 3. Kurva Performa Pelatihan Terhadap Epoch

Berdasarkan gambar diatas penurunan nilai *cross-entropy loss* selama proses pelatihan. Titik optimal dicapai pada epoch ke-106 dengan validation performance sebesar 0.08022 (*error* validasi terendah). Tidak terdapat kenaikan signifikan pada *error* validasi setelahnya, yang menandakan bahwa proses pelatihan dihentikan sebelum *overfitting* terjadi.

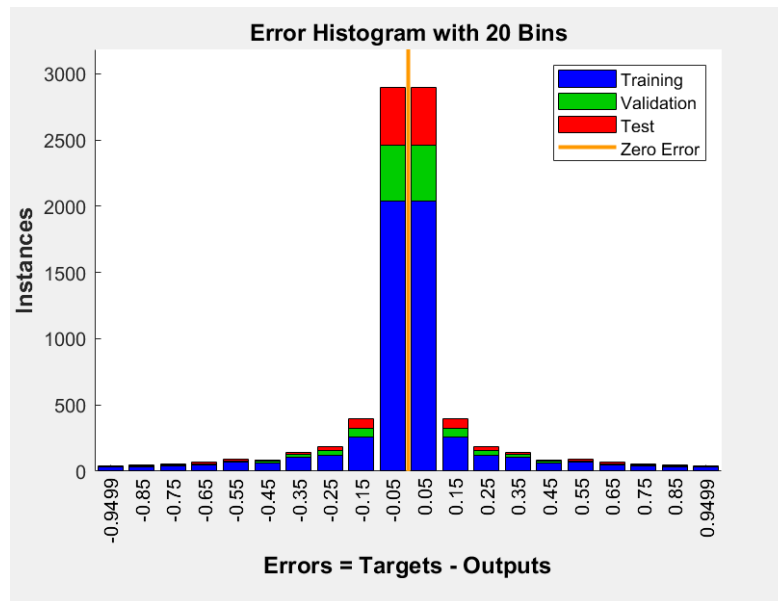
## Kurva ROC



Gambar 4. Kurva ROC

Kurva ROC untuk masing-masing data (*training*, *validation*, *test*, dan keseluruhan) menunjukkan *true positive rate* (TPR) yang tinggi dan *false positive rate* (FPR) yang rendah, yang mengindikasikan bahwa model memiliki kemampuan klasifikasi yang sangat baik untuk kedua kelas. Semakin mendekati sudut kiri atas, semakin baik model tersebut.

## Distribusi Error



Gambar 5. Error Histogram

Histogram *error* menunjukkan bahwa sebagian besar error berkumpul di sekitar nol, artinya prediksi model sangat mendekati target sebenarnya. Distribusi error yang simetris di sekitar nol juga menunjukkan bahwa tidak ada bias yang dominan terhadap kelas tertentu.

## 4. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil membuktikan bahwa algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) memberikan performa klasifikasi kualitas buah apel yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma *Random Forest* dan *Support Vector Machine* (SVM), dengan tingkat akurasi masing-masing sebesar 92%, 88,3%, dan 74,7%. Hal ini menunjukkan bahwa ANN memiliki kemampuan yang lebih unggul dalam mengidentifikasi kategori kualitas apel berdasarkan atribut fisik yang diamati. Arsitektur ANN dengan dua *hidden layer* yang masing-masing berisi 20 dan 10 neuron terbukti efektif dalam mencapai keseimbangan antara kompleksitas model dan kemampuan generalisasi. Model tersebut mencapai konvergensi optimal pada epoch ke-106 dengan nilai performa terbaik sebesar 0,08022, yang menunjukkan proses pelatihan yang stabil dan bebas dari masalah *overfitting*.

Analisis lebih lanjut melalui distribusi *error* yang terpusat di sekitar nol dan kurva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) yang mendekati sudut kiri atas memperkuat kesimpulan bahwa model ANN mampu menghasilkan prediksi yang akurat dan andal pada data uji.

Penelitian ini merekomendasikan pengujian model pada *dataset* yang lebih besar dan beragam untuk memastikan generalisasi yang lebih luas. Selain itu, optimisasi hyperparameter dengan pendekatan sistematis seperti *Grid Search* atau *Bayesian Optimization* disarankan untuk meningkatkan kinerja model secara signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Wijaya and A. Ridwan, "Klasifikasi Jenis Buah Apel dengan Metode K-Nearest Neighbors," *Jurnal SISFOKOM*, vol. 8, no. 1, p. 74-78, Maret 2019. doi: 10.32736/sisfokom.v8i1.610.
- [2] B. P. Statistik, "Produksi Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman," BPS, Accessed: Juni 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/U0dKcIowczVSaIJ5VFdOMWVETnlVRVJ6YIRJMFp6MDkjMyMwMDAw/produksi-tanaman-buah-buahan-dan-sayuran-tahunan-menurut-provinsi-dan-jenis-tanaman.html?year=2024>.
- [3] R. S. Nugraha and A. Hermawan, "Optimasi Akurasi Metode Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Kualitas Buah Apel Hijau," *MNEMONIC*, vol. 6, no. 2, p. 149-156, September 2023. doi: 10.36040/mnemonic.v6i2.6730.
- [4] Noviyanto, "Penerapan Data Mining dalam Mengelompokkan Jumlah Kematian Penderita COVID-19 Berdasarkan Negara di Benua Asia," *Paradigma – Jurnal Informatika dan Komputer*, vol. 22, no. 2, pp. 183-184, September 2020. doi: 10.31294/p.v22i2.8808.

- [5] R. Faurina, M. J. Gazali and I. D. A. Herani, "Optimization of Disease Prediction Accuracy Through Artificial Neural Network (ANN) Algorithms In Diagnose Application," *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, vol. 5, no. 2, p. 339-347, April 2024. doi: 10.52436/1.jutif.2024.5.2.1182.
- [6] A. D. P. Wicaksono, "Klasifikasi Tingkat Kematangan, Kualitas dan Jenis Buah Pisang Berdasarkan Ciri Warna dan Bentuk Menggunakan Artificial Neural Networks," *Jurnal Teknologi Informasi Indonesia (JTII)*, vol. 7, no. 2, pp. 91-97, November 2022. doi: 10.30869/jtii.v7i2.955.
- [7] S. R. Aisy, M. K. Ramadhan, A. S. Salsabila and R. Kurniawan, "Perbandingan Algoritma Klasifikasi Data Mining Dalam Memprediksi Curah Hujan di Jawa Barat," *Seminar Nasional Sains Data 2024 (SENADA 2024)*, vol. 4, no. 1, pp. 180-191, 2024.
- [8] A. P. Wibowo, "Komparasi Algoritma Klasifikasi untuk Penentuan Jenis Spesies Tanaman Hutan," *Jurnal Cakrawala Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 12-18, 30 Juni 2021. doi: 10.54066/jci.v1i1.209.
- [9] A. P. Argadianata, D. A. Fatah and H. Sukri, "Klasifikasi Kualitas Buah Apel Menggunakan Metode Random Forest," *JATI(Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 9, no. 2, pp. 2016-2021, 2025. doi: 10.36040/jati.v9i2.12854.
- [10] T. Nelgiryewithana, "Apple Quality Dataset," *Kaggle*, Accessed: Juni 24, 2024, [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/code/nelgiryewithana/an-introduction-to-apple-quality-dataset>.
- [11] S. Haykin, "Neural Networks and Learning Machines," in *Upper Saddle River, NJ: Pearson Education*, 2009.
- [12] C. M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, New York: NY: Springer, 2006.
- [13] D. M. W. Powers, "Evaluation: From Precision, Recall and F-Measure to ROC, Informedness, Markedness & Correlation," *Journal of Machine Learning Technologies*, vol. 2, no. 1, pp. 37-63, 2020. doi: 10.48550/arXiv.2010.16061.
- [14] I. I. Purnomo and G. A. Syafarina, "Analisis Prediktif dan Preprocessing Untuk Kualitas Buah Apel Pendekatan Machine Learning," *Technologia: Jurnal Ilmiah*, vol. 15, no. 4, p. 681-687, 2024.