

e-ISSN : 3031-0342
Diterima : 27 Agustus 2023
Disetujui : 22 November 2023
Tersedia online di <https://journal.unram.ac.id/index.php/agent>

**DETEKSI TINGKAT KEMATANGAN BUAH ALPUKAT (*Persea americana* Mill.)
MENGUNAKAN ALGORITMA KLASIFIKASI DAN METODE *STRATIFIED K-FOLD CROSS VALIDATION***

Detection of Avocado Fruit Ripeness Level Using Classification Algorithm and Stratified K-Fold Cross Validation Method

Tri Riska Muliani¹, Murad^{1*}, Joko Sumarsono¹, Ince Siti Wardatullatifah S¹

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri,
Universitas Mataram

email*): muradfatepa@unram.ac.id

ABSTRACT

In the production of avocados, there are several problems, including classifying the fruit and whether the fruit is ripe, raw, or damaged. So the possible way that can be used is using an electronic nose (e-nose). The purpose of this study was to determine the level of ripeness of avocados, raw and ripe based on physical properties and chemical properties using classification algorithm and Stratified K-Fold Cross Validation methods. The method used in this research is experimental quantitative, testing the effect of one or more variables on other variables. The parameters tested in this study were gas content, weight loss, total dissolved solids, and water content. The results showed increased weight loss in avocados stored at room temperature from day 2 to day 5. The increase in fruit weight loss was mainly caused by the transpiration process or the release of water in the form of steam through the skin surface that occurred during the storage period. An increase in weight loss in fruits is one sign that the fruit is starting to experience a decrease in its freshness quality. The water content of avocados from day 1 to day 5 fluctuated and tended to increase. Changes in water content are affected by room temperature and humidity during storage.

Keywords: *avocado; electronic nose; moisture content; weight loss*

ABSTRAK

Dalam produksi buah alpukat terdapat beberapa masalah di antaranya mengenai proses untuk klasifikasi buah, apakah buah tersebut sudah matang, masih mentah atau rusak. Sehingga cara yang mungkin dapat digunakan yaitu menggunakan hidung elektronik (*e-nose*). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan tingkat kematangan buah alpukat, mentah dan matang berdasarkan sifat fisik dan sifat kimia menggunakan algoritma klasifikasi dan metode *Stratified K-Fold Cross Validation*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kuantitatif eksperimental yaitu menguji pengaruh satu atau lebih variabel terhadap variabel lain. Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah kadar gas, susut bobot, total padatan terlarut, dan kadar air. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan susut bobot pada buah alpukat yang disimpan pada suhu ruang mulai dari hari ke-2 sampai hari ke-5. Peningkatan susut bobot buah terutama disebabkan oleh proses transpirasi atau terlepasnya air dalam bentuk uap melalui permukaan kulit yang terjadi selama masa penyimpanan. Terjadinya peningkatan susut bobot pada

buah-buahan merupakan salah satu tanda bahwa buah tersebut mulai mengalami penurunan mutu kesegarannya. Kadar air pada buah alpukat dari hari ke-1 sampai hari ke-5 mengalami fluktuasi dan cenderung meningkat. Perubahan kadar air dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan ruangan selama penyimpanan.

Kata kunci: alpukat; hidung elektronik; kadar air; susut bobot

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Hasil pemanenan buah alpukat bervariasi tingkat kematangannya, pada satu siklus produksi diperoleh hasil buah matang, mangkal atau bahkan rusak. Tingkat kematangan buah ini merupakan salah satu parameter kualitas yang diterima oleh konsumen, hal ini sesuai dengan Astuti (2018) yang menyatakan bahwa penerimaan konsumen terhadap suatu produk diawali dengan penilaiannya terhadap penampakan, rasa, aroma dan tekstur. Ketiga hal tersebut merujuk pada kematangan buah. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi tingkat kematangan buah diantaranya dengan menghitung umur buah sejak penyerbukan bunga, menghitung berat jenis, melihat tanda-tanda fisik buah, atau dengan menggunakan sensor. Pada penelitian ini menggunakan hidung elektronik (*e-nose*). *E-nose* berisi susunan sensor untuk mendeteksi kualitas buah alpukat berdasarkan gas yang dihasilkan (Murad et al, 2022).

Perubahan kualitas pada buah berhubungan dengan lamanya waktu simpan. Pada umumnya buah-buahan terbagi ke dalam dua golongan, yaitu golongan klimaterik dan non-klimaterik. Setelah buah dipanen, buah masih terus melakukan proses respirasi. Pada buah golongan klimaterik laju respirasi buah lebih tinggi dibandingkan golongan buah non-klimaterik. Laju respirasi yang tinggi akan menimbulkan perubahan-perubahan sifat fisik ataupun kimiawi pada buah secara signifikan (Kusumiyati et al, 2018). Sehingga semakin tinggi tingkat kematangan buah alpukat maka umur simpannya semakin pendek karena semakin cepat rusak dan membusuk (Aprilliani et al, 2021).

Seperti yang diketahui bahwa buah matang belum tentu manis, begitu pula

sebaliknya. Manusia hanya mengetahui bahwa buah manis berarti matang (Adhimantoro, 2014). Oleh karena itu pada penelitian kali ini akan mengembangkan sistem yang dapat mendeteksi tingkat kematangan dari buah alpukat berdasarkan beberapa parameter yaitu susut bobot, kadar air, total padatan terlarut dan kadar gas menggunakan metode *Adaboost*, *Decision Tree*, *Multi Layer Perceptron* (MLP) dan metode *Stratified K-Fold Cross Validation*.

Permasalahan *imbalanced* dataset seringkali kita jumpai pada berbagai domain yaitu jumlah data pada tiap kelas tidak seimbang. *Imbalanced* data terjadi ketika jumlah data dalam satu kelas jauh lebih tinggi (*majority class*) atau lebih rendah (*minority class*) dibandingkan kelas lainnya. *Imbalanced* data akan lebih sulit untuk dilakukan pengolahan dan analisis data seperti klasifikasi, prediksi, dan sebagainya. Hal tersebut terjadi karena model analisis data tidak dirancang untuk mempertimbangkan distribusi kelas dalam meningkatkan akurasi dari model. Sehingga perlu penanganan khusus sebelum *Imbalanced* data tersebut dapat digunakan untuk proses analisis data.

Cara paling populer dalam mengatasi permasalahan *Imbalanced* data adalah melakukan *sampling* dengan mengubah jumlah data pada tiap kelas hingga mencapai jumlah data yang seimbang pada seluruh kelas. *Sampling* merupakan sebuah teknik yang efektif. Salah satu metode *sampling* adalah *undersampling*. Metode *undersampling* antara lain, *Random Under Sampling* (RUS), *Edited Nearest Neighbors* (ENN), *One Side Selection* (OSS), *Neighborhood Cleaning Rule* (NCR) dan sebagainya (Indrawati, 2021). Selanjutnya dataset hasil *sampling* akan dilakukan klasifikasi menggunakan metode klasifikasi *Adaboost*, *Decision Tree* dan *Multi Layer Perceptron* (MLP). Setelah itu hasil uji akan

dibandingkan dengan menggunakan metode *Stratified K-Fold Cross Validation* untuk mendapatkan hasil berupa nilai *Accuracy*, *Precision* dan *Recall*. Algoritma terbaik, selanjutnya diimplementasikan menjadi prototipe sistem informasi. Teknik pengujian terhadap metode yang akan dilakukan menggunakan *Stratified K-Fold Cross Validation*. Metode ini membagi data latih secara acak menjadi 10 bagian dengan jumlah yang hampir sama pada masing-masing kelompok. Hasil pengujian akan didapatkan dengan menghitung rata-rata nilai-nilai statistik pengujian pada keseluruhan perulangan.

Adaboost dikombinasikan dengan metode yang lain untuk meningkatkan performa klasifikasi. Tentunya secara intuitif, penggabungan beberapa metode akan membantu jika metode tersebut berbeda satu sama lain. *Adaboost* dan variannya telah sukses diterapkan pada beberapa bidang (domain) karena dasar teorinya yang kuat, prediksi yang akurat, dan kesederhanaan yang besar (Qadrini et al, 2021). Dengan demikian diharapkan sebuah sistem yang mampu mengelompokkan buah alpukat secara akurat dan cepat dalam pemrosesannya, yang nantinya dapat mempermudah proses pemasaran berdasarkan kualitasnya.

Berdasarkan parameter kualitas secara fisik (aroma, warna, dan tekstur), diharapkan dapat mendeteksi tingkat kematangan buah alpukat menggunakan *Machine Learning* Pembelajaran mesin (*Machine Learning*) digunakan untuk mengajarkan mesin bagaimana menangani data dengan jumlah yang banyak namun tetap efisien serta membuat mesin belajar sendiri tanpa diprogram secara eksplisit (Batubara dan Awangga, 2020). Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana cara menentukan tingkat kematangan, mulai dari buah mentah hingga matang pada buah alpukat berdasarkan sifat fisik dan kimia menggunakan algoritma *Adaboost*, *Decision Tree*, *Multi Layer Perceptron* (MLP) dan metode *Stratified K-Fold Cross Validation*.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan tingkat kematangan buah alpukat, mentah dan matang berdasarkan sifat fisik yang berupa susut bobot, kadar air dan sifat kimiawi berupa total padatan terlarut, kadar gas menggunakan algoritma *Adaboost*, *Decision Tree*, *Multi Layer Perceptron* (MLP) dan metode *Stratified K-Fold Cross Validation*.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gelas beker 50 ml, gelas ukur 10 ml, pisau, timbangan analitik (Kern Abj 220-4nm), penggaris, kertas *millimeter* blok, timbangan digital (Idealife, China), refraktometer (Hanna HI96801, Jerman), tatakan piring, sendok, *Moisture Analyzer*, cawan, penjepit, *Fruit Hardness Tester*, laptop, mortar dan alu, batang pengaduk, dan Termokopel (4 Channel Type K HT-9815). Bahan yang digunakan adalah buah alpukat. Adapun rangkaian alat yang digunakan untuk mengukur gas antara lain lima buah sensor yaitu TGS 2600, MQ3, MQ4, MQ2 dan MQ8, *mikrokontroler Arduino Mega 2560*, perangkat lunak Arduino, sumber tegangan dengan keluaran SV DC kabel *jumper*, kabel USB, dan wadah kedap udara. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan antara lain yaitu aplikasi *PuTTY*, aplikasi *Visual Studio Code* dan *Python*.

Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kuantitatif eksperimental. Penelitian ini menggunakan buah alpukat sebagai bahan utama selama proses penyimpanan di suhu ruang. Buah alpukat dibedakan menjadi tiga kelompok ukuran, yaitu besar, sedang dan kecil. Buah alpukat disimpan lalu diukur gasnya dari hari ke-1 hingga hari ke-5 dan diamati susut bobot, total padatan terlarut dan kadar air. Setelah itu semua data diolah menggunakan bahasa pemrograman *Python* menggunakan metode *Adaboost*, *Decision Tree*, *Multi Layer Perceptron* (MLP) dan metode *Stratified K-Fold Cross Validation*.

Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah kadar gas, susut bobot, total padatan terlarut, dan kadar air.

1. Susut Bobot

Langkah-langkah pengukuran susut bobot pada buah alpukat sebagai berikut:

- a. Disiapkan timbangan analitik dan buah alpukat.
- b. Timbangan digital dihidupkan dan dikalibrasi terlebih dahulu.
- c. Sampel buah alpukat ditimbang.
- d. Dicatat hasil yang didapat.
- f. Diulangi langkah c, d, dan e pada semua sampel.
- g. Data hasil pengukuran lalu dihitung dengan menggunakan persamaan 1 berikut: (Prastya, 2015).

$$\text{susut bobot (\%)} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \dots \dots (1)$$

2. Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut menunjukkan kandungan bahan-bahan yang terlarut dalam larutan. Pengujian total padatan terlarut dilakukan dengan menggunakan alat *hand-refractometer*.

- a. Buah alpukat dihaluskan terlebih dahulu
- b. Prisma *hand-refractometer* dibilas
- c. Sampel buah alpukat yang telah dihaluskan ditetaskan diatas prisma *hand-refractometer*
- d. Nilai Total Padatan Terlarut akan tertera apa alat dalam satuan °Briks.

Pengujian dilakukan di Laboratorium Bioproses, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram.

3. Kadar Air

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung di dalam buah alpukat yang dinyatakan dalam persen (%). Metode yang digunakan untuk menentukan kadar air dari buah alpukat pada penelitian ini yaitu menggunakan alat *moisture analyzer*. Bagian buah alpukat yang dikeringkan yaitu daging buah. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Bioproses, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram.

Data mentah yang diperoleh pada penelitian ini dianalisis dengan persamaan

matematis dengan menggunakan *Microsoft Excel* dan beberapa data diolah menggunakan aplikasi *Visual Studio Code* dan *PuTTY*.

4. Kadar Gas (ppm)

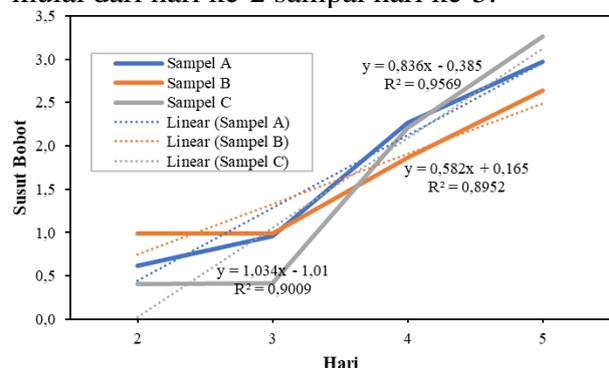
Pengujian gas dilakukan di Ruang 1.11 Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram. Adapun tahapan pengujian gas adalah sebagai berikut:

- a. Disiapkan alat dan bahan.
- b. Ditentukan nilai set poin sensor gas pada wadah kosong selama ± 5 menit.
- c. Data disiapkan setiap sesi dengan perangkat lunak *PuTTY* dan disimpan dalam format.csv.
- d. Buah alpukat dimasukkan pada wadah lalu ditutup rapat, dan diukur gasnya selama ± 3 menit.
- e. Buah alpukat dikeluarkan dari wadah, lalu dikalibrasi sensor gas hingga nilai set poin.
- f. Diulangi langkah c, d dan e selama 5 hari, dari hari ke-0 hingga hari ke-4
- g. Data yang didapatkan *dicleaning* dan dikonversi (ADC terukur-ppm) agar memudahkan dalam bahasa pemrograman Python.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Susut Bobot

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan susut bobot pada buah alpukat yang disimpan pada suhu ruang mulai dari hari ke-2 sampai hari ke-5.



Gambar 1. Susut Bobot Buah Alpukat

Susut bobot merupakan salah satu faktor yang mengindikasikan mutu dari buah-buahan. Terjadinya peningkatan susut bobot pada buah-buahan merupakan salah satu tanda bahwa buah

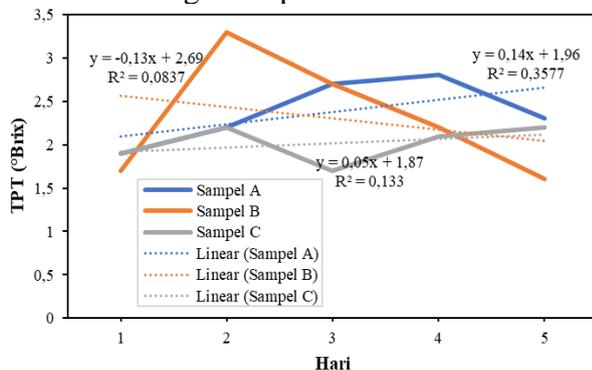
tersebut mulai mengalami penurunan mutu kesegarannya. Tinggi rendahnya susut bobot suatu komoditi dipengaruhi oleh faktor internal (metabolisme, respirasi dan transpirasi) dan faktor eksternal (suhu dan RH) (Sukmawaty et al, 2019).

Secara umum susut bobot buah selama penyimpanan pada suhu ruang mengalami peningkatan. Peningkatan susut bobot buah terutama disebabkan oleh proses transpirasi atau terlepasnya air dalam bentuk uap melalui permukaan kulit yang terjadi selama masa penyimpanan.

Selain itu, susut bobot juga diakibatkan oleh proses respirasi buah. Pada proses respirasi, oksigen diserap untuk pembakaran senyawa-senyawa kompleks yang terdapat dalam sel seperti karbohidrat. Senyawa kompleks akan menjadi molekul-molekul sederhana seperti karbondioksida, energi dan uap air sehingga buah akan kehilangan bobotnya. Respirasi bukan hanya sekedar pertukaran gas, tetapi merupakan reaksi oksidasi-reduksi yaitu senyawa (substrat respirasi) dioksidasi menjadi CO₂, sedangkan O₂ yang diserap direduksi membentuk H₂O. Gula cadangan yang terlarut (glukosa, fruktosa, sukrosa), lemak, protein, dan asam organik dapat berfungsi sebagai substrat respirasi (Nisah dan Barat, 2019).

2. Total Padatan Terlarut

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa rata-rata total padatan terlarut pada buah alpukat sampel A dan C dari hari ke-1 sampai hari ke-5 mengalami peningkatan, sedangkan rata-rata total padatan terlarut pada buah alpukat sampel B dari hari ke-1 sampai hari ke-5 mengalami penurunan.

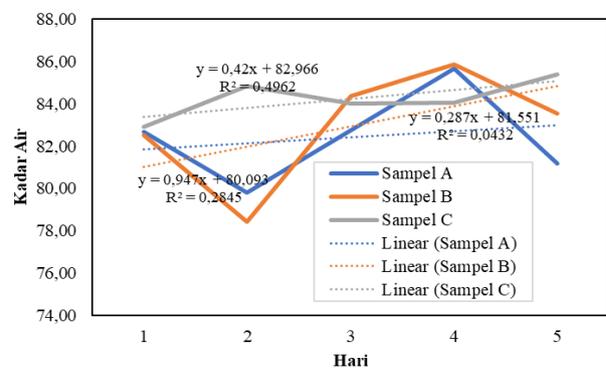


Gambar 2. Total Padatan Terlarut Buah Alpukat

Peningkatan total padatan terlarut menunjukkan bahwa kandungan gula dalam buah semakin banyak. Hal ini menunjukkan bahwa kenaikan nilai total padatan terlarut akan mempercepat tingkat kematangan buah. Artinya semakin tinggi suhu yang digunakan maka akan mempercepat tingkat kematangan buah. Peningkatan nilai total padatan terlarut juga merupakan petunjuk terjadinya metabolisme buah. Karena dengan meningkatnya nilai padatan terlarut maka buah melakukan metabolisme yang ditunjukkan dengan terjadinya perubahan karbohidrat paling sederhana yaitu gula. Gula sebagai bahan yang larut dalam air akan dapat dilihat nilainya dengan menggunakan *refractometer* (Dhyan et al, 2014).

3. Kadar Air

Berdasarkan Gambar 3 diperoleh kadar air pada buah alpukat dari hari ke-1 sampai hari ke-5 mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan bahwa buah alpukat merupakan buah klimaterik yang tetap mengalami pematangan bahkan setelah buah pemanenan, hal ini tentu berpengaruh terhadap kandungan air pada buah (Anova dan Kamsina, 2013).



Gambar 3. Kadar Air Buah Alpukat

Jumlah air dalam bahan akan memengaruhi daya tahan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh mikroba maupun serangga. Faktor yang memengaruhi kandungan air suatu bahan antara lain suhu pengering, tebal irisan dan lama pengeringan (Dhyan et al., 2014).

4. Kadar Gas

Dilakukan perekaman data gas pada buah alpukat sebanyak 3 buah per hari, selama 5 hari. Setiap sampel buah alpukat dilakukan

perekaman selama 3 menit. Buah alpukat yang digunakan dalam kondisi mengkal. Data yang terukur pada proses perekaman masih dalam bentuk data ADC. Adapun data row pengukuran gas ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa data yang terekam terdapat data yang tidak dibutuhkan dan terdapat data yang terpotong hasilnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan pembersihan data guna memudahkan dalam proses selanjutnya. Pembersihan data ini menggunakan bahasa pemrograman Python dengan Library Pandas.

Tabel 1. Data Row Pengukuran Gas Buah Alpukat Sampel C Hari ke-3

Index	===== log ===== PuTTY 2022.08.03 11:12:18 =====
3.	TGS2600= 120 MQ-3= 610 MQ-4= 509 MQ-2= 178 MQ-8= 225
5.	TGS2600= 120 MQ-3= 610 MQ-4= 508 MQ-2= 179 MQ-8= 225
6.	TGS2600= 120 MQ-3= 610 MQ-4= 509 MQ-2= 178 MQ-8= 225
7.	TGS2600= 121 MQ-3= 610 MQ-4= 508 MQ-2= 179 MQ-8= 225
8.	TGS2600= 119 MQ-3= 609 MQ-4= 508 MQ-2= 177 MQ-8= 224
9.	TGS2600= 119 MQ-3= 609 MQ-4= 507 MQ-2= 178 MQ-8= 224
.	.
.	.
622.	TGS2600= 114 MQ-3= 598 MQ-4= 509 MQ-2= 175 MQ-8= 219
623.	TGS2600= 114 MQ-3= 599 MQ-4= 508 MQ-2= 174 MQ-8= 219
624.	TGS2600= 114 MQ-3= 598 MQ-4= 509 MQ-2= 175 MQ-8= 219
625.	TGS2600= 114 MQ-3= 598 MQ-4= 509 MQ-2= 175 MQ-8= 219
626.	TGS2600= 114 MQ-3= 598 MQ-4= 508 MQ-2= 174 MQ-8= 219

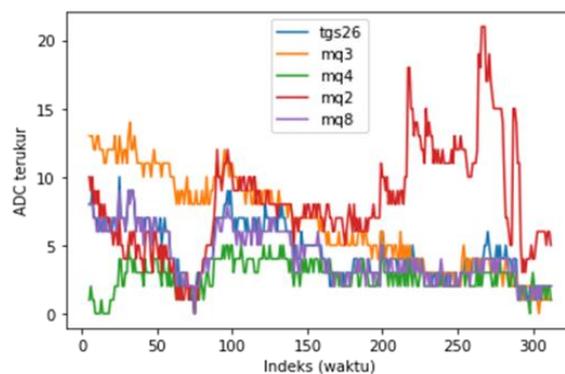
Pembersihan data dilakukan berdasarkan pada kondisi perekaman data dengan hasil yang kurang sesuai seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Prosesnya diawali dengan pembacaan data kemudian membagi data untuk mengambil nilai ADC terukur dari setiap sensor. Hasilnya berupa tabel data dengan ukuran M x N, M menyatakan jumlah baris data dan N menyatakan kolom yaitu TGS 2600, MQ3, MQ4, MQ2, dan MQ8. Sehingga setiap tabel baru berukuran M x 5. Library

yang digunakan pada proses ini yaitu Pandas (Murad et al, 2022).

Tabel 2. Data Pengukuran ADC Hasil Pembersihan Sampel C Hari ke-3

Index	tgs26	mq3	mq4	mq2	mq8
5.	120	610	508	179	225
6.	120	610	509	178	225
7.	121	610	508	179	225
8.	119	609	508	177	224
9.	119	609	507	178	224
.
.
308.	114	598	509	175	219
309.	114	599	508	174	219
310.	114	598	509	175	219
311.	114	598	509	175	219
312.	114	598	508	174	219

Sebelum dilakukan konversi data, terlebih dahulu dilakukan normalisasi untuk membuat nilai awal setiap sensor yang terukur bernilai 0. Proses normalisasi dilakukan dengan mengurangi seluruh nilai ADC terukur dengan nilai set point. Setelah itu dilakukan konversi data dari data ADC ke data ppm. Data yang dibutuhkan untuk melakukan konversi adalah data range pengukuran tiap sensor, set point, nilai ADC terukur, skala ADC 1023, tegangan masukan maksimal Vmaks 5 V, dan nilai DAC. Normalisasi dan konversi data ini menggunakan bahasa pemrograman Python dengan Library NumPy.

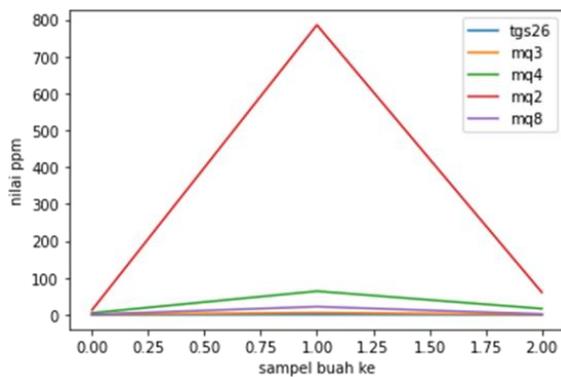


Gambar 4. Normalisasi Nilai ADC Terukur Sampel C Hari ke-3

Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa nilai ADC yang terukur selama ±3 menit perekaman mengalami peningkatan dan fluktuasi yang tidak beraturan. Nilai awalnya berada di kisaran angka 0. Nilai ADC terukur setiap sensor berada pada kisaran 0 hingga 200.

Tabel 3. Data Konversi ADC menjadi ppm Sampel C Hari ke-3

Index	tgs26	mq3	mq4	mq2	mq8
7.	9	13	1	10	8
8.	7	12	1	8	7
9.	7	12	0	9	7
10.	7	13	0	8	6
11.	6	13	0	9	6
.
308.	2	1	2	6	2
309.	2	2	1	5	2
310.	2	1	2	6	2
311.	2	1	2	6	2
312.	2	1	1	5	2



Gambar 5. Nilai Rata-Rata Hasil Konversi Data Gas Hari ke-3

Pada Gambar 5 menunjukkan hasil konversi ADC terukur menjadi ppm. Nilai ppm tersebut merupakan nilai ppm terukur sampel alpukat pada hari ke-3, sampel buah ke-0 merupakan sampel A, sampel buah ke-1 merupakan sampel B, dan sampel buah ke-2 merupakan sampel C. Dapat dilihat pada grafik tersebut bahwa nilai ppm yang terukur oleh sensor MQ2 dan MQ4 memiliki nilai yang cukup tinggi dari ketiga sensor lainnya. Sensor MQ4 merupakan sensor yang peka terhadap gas, seperti gas alam dan metana. Sedangkan sensor MQ2 merupakan sensor yang peka terhadap gas dan asap yang mudah terbakar.

Imbalanced Data

Pada saat proses pengolahan data terdapat *Imbalanced* data antara buah mentah dan matang, sementara diinginkan data yang *balanced* sehingga dapat dilakukan proses pengklasifikasian. Hal ini sejalan dengan pendapat (Hapsari dan Indriyani, 2022) kondisi *Imbalanced* data menjadi masalah dalam proses klasifikasi, hal ini akan menyulitkan

metode klasifikasi pada saat melakukan fungsi generalisasi pada proses *machine learning*. Mengatasi masalah *Imbalanced* data tersebut diperlukan beberapa metode penyelesaian lain untuk mengatasinya. Adapun metode yang sangat efektif untuk digunakan dalam mengatasi permasalahan *Imbalanced* data adalah melakukan *sampling* dengan mengubah jumlah data pada tiap kelas hingga mencapai jumlah data yang seimbang pada seluruh kelas. *Sampling* merupakan sebuah teknik yang efektif. Salah satu metode *sampling* adalah *undersampling* (Indrawati, 2021).

Tahap pertama yang harus dilakukan untuk mengatasi permasalahan *Imbalanced* data adalah melakukan *sampling*. Pada tahap ini dilakukan *coding* menggunakan aplikasi *Visual Studio Code* dan *PuTTY*. Adapun tahapan metode *sampling* yang dilakukan dalam aplikasi *Visual Studio Code* dan *PuTTY*, yaitu memasukkan *coding* metode *sampling*, menampilkan *dataset* awal, memasukkan *coding* metode *random under sampling* kemudian memunculkan *dataset* yang telah dilakukan metode *sampling*. Adapun beberapa *coding* yang digunakan pada tahap ini tertera pada Gambar 6.

```
#PART 1
# import sampling and other necessary libraries
from collections import Counter
from imblearn.over_sampling import SMOTE
from sklearn.model_selection import train_test_split
from imblearn.datasets import fetch_datasets
import pandas as pd
import numpy as np
import warnings
warnings.simplefilter(action='ignore', category=FutureWarning)
from sklearn.svm import SVC
from imblearn.over_sampling import SMOTE
from imblearn.under_sampling import RandomUnderSampler
from imblearn.pipeline import Pipeline
```

Gambar 6. Coding metode *Sampling*

BeratAwal(gr)	SuutRobot(%)	Panjang	Lebar	KadarAir(%)	TPT(A'Bris)	tps2600	mq3	mq4	mq2	mq8	Kode	
0	326	0.00	10.8	8.5	82.66	1.9	0.05	0.03	3.67	22.92	2.92	1
1	306	0.00	10.5	8.1	82.51	1.7	0.94	30.71	6.63	151.56	46.17	1
2	246	0.00	8.9	7.8	82.89	1.9	0.01	3.06	32.52	11.68	0.88	1
3	324	0.62	11.2	8.2	79.81	2.2	0.05	0.39	8.53	23.68	1.99	1
4	304	0.99	10.4	8.0	78.42	3.3	0.23	4.95	4.42	99.15	4.80	1
5	241	0.41	9.0	7.5	84.82	2.2	0.31	3.08	8.21	111.15	7.76	1
6	311	0.96	10.4	8.1	82.76	2.7	0.08	0.82	4.74	12.63	0.82	1
7	304	0.99	11.0	7.4	84.35	2.7	0.59	5.43	63.78	785.28	21.83	1
8	236	0.42	9.3	7.0	84.00	1.7	0.06	0.74	16.42	60.63	1.76	1
9	309	2.27	10.3	8.0	85.66	2.8	0.10	3.54	14.84	68.20	15.67	1
10	269	1.86	9.9	7.8	85.87	2.2	0.01	3.62	5.68	20.21	1.11	1
11	226	2.21	9.4	7.0	84.04	2.1	0.03	2.63	12.63	6.00	2.96	1
12	303	2.97	12.5	7.8	81.17	2.3	0.33	0.57	4.74	19.26	40.43	2
13	265	2.64	8.7	7.8	83.52	1.6	0.25	7.23	23.54	262.88	47.38	2
14	215	3.26	9.0	7.1	85.38	2.2	0.37	16.44	155.48	123.14	25.82	2

Gambar 7. Data Set Awal

	BeratAwal(gp)	SusutBobot(%)	Panjang	Lebar	KadarAir(%)	TPI(A*Brix)	\
0	324	0.62	11.2	8.2	79.81	2.2	
1	399	2.27	19.3	8.0	85.66	2.8	
2	269	1.86	9.9	7.8	85.87	2.2	
3	383	2.97	12.5	7.8	81.17	2.3	
4	265	2.64	8.7	7.8	83.52	1.6	
5	215	3.26	9.0	7.1	85.38	2.2	

	tgs2600	mq3	mq4	mq2	mq8
0	0.05	0.39	8.53	23.68	1.99
1	0.10	3.54	14.84	68.20	15.67
2	0.01	3.62	5.68	20.21	1.11
3	0.33	0.57	4.74	19.26	40.43
4	0.25	7.23	23.54	262.08	47.38
5	0.37	16.44	155.48	123.14	25.82

Gambar 8. Data Set Hasil Sampling

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat hasil *sampling* menunjukkan bahwa setelah dilakukan metode *sampling*, data buah alpukat menjadi 6 data yaitu 3 buah alpukat mentah (1) dan 3 buah alpukat matang (2) sehingga kelas data menjadi *balanced*.

Setelah dilakukan metode *sampling* kemudian dilanjutkan ke tahap pengklasifikasian. Pada tahap klasifikasi dilakukan percobaan menggunakan seluruh metode klasifikasi di antaranya metode *Adaboost*, *GaussianNB*, *Decision Tree Classifier*, *Random Forest Classifier*, *Logistic Regression*, *SVC*, *K-Neighbors Classifier* dan *MLP Classifier*. Namun di antara ke-7 metode klasifikasi tersebut hanya 3 metode yang dapat digunakan, yaitu metode *Adaboost (Adaptive Boosting)*, *Decision Tree Classifier* dan *Multi Layer Perceptron (MLP)*, karena pada saat dilakukan *running* sebanyak 10 kali hanya metode tersebut yang memiliki nilai akurasi tidak sama dengan 0.

Hasil akhir menunjukkan bahwa ketiga metode tersebut mendapatkan 4 kali pengulangan yang bernilai tidak sama dengan 0. Kemudian nilai akurasi dari masing-masing metode tersebut dirata-ratakan, hal dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian dan nilai akurasi yang dirata-ratakan dari masing-masing metode klasifikasi

Nama Metode	Nilai Akurasi Percobaan				Rata-Rata
	1	2	3	4	
<i>Adaboost</i>	1,0	1,0	1,0	0,5	0,875
<i>Decision Tree Classifier</i>	0,5	1,0	1,0	0	0,625
<i>Multi Layer Perceptron (MLP)</i>	1,0	0,5	0,5	0	0,5

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai akurasi (*Accuracy*) metode *Adaboost*

(*Adaptive Boosting*) dalam memprediksi tingkat kematangan buah alpukat yang mengalami *imbalanced* data sebesar 87,5%, metode *Decision Tree Classifier* sebesar 62,5% dan metode *Multi Layer Perceptron (MLP)* sebesar 50%. Berdasarkan ketiga metode tersebut metode *Adaboost* memiliki tingkat keakuratan yang paling tinggi. Hal ini sejalan dengan pendapat Qadrini (2021), *Adaboost* telah sukses diterapkan karena dasar teorinya yang kuat, prediksi yang akurat, dan kesederhanaan yang besar. Berdasarkan hasil penelitian diketahui pula bahwa ketiga metode tersebut memiliki tingkat keakuratan yang baik meskipun dikombinasikan dengan beberapa metode lainnya. Hal ini sejalan dengan pendapat Qadrini (2021), *Adaboost* dikombinasikan dengan metode yang lain untuk meningkatkan performa klasifikasi. Tentunya secara intuitif, penggabungan beberapa metode akan membantu jika metode tersebut berbeda satu sama lain.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa deteksi tingkat kematangan pada buah alpukat berdasarkan sampel susut bobot, kadar air, total padatan terlarut dan kadar gas menggunakan sensor TGS2600, MQ3, MQ4, MQ2 dan MQ8 menggunakan algoritma *Adaboost*, *Decision Tree*, *Multi Layer Perceptron (MLP)* dan metode *Stratified K-Fold Cross Validation* sudah tercapai. Meskipun terdapat *imbalanced* data, tetapi sistem mampu mendeteksi tingkat kematangan pada buah alpukat. Hasil algoritma klasifikasi menggunakan metode *stratified k-fold cross validation* menghasilkan akurasi yang tergolong cukup tinggi, yaitu algoritma *Adaboost* hasil akurasinya 87,5%, algoritma *Decision Tree Classifier* hasil akurasinya 62,5% dan algoritma *Multi Layer Perceptron (MLP)* sebesar 50%. Hasil evaluasi sistem menggunakan *confusion matrix* pada ketiga metode klasifikasi menghasilkan akurasi yang sangat baik yaitu 50% dan 100%. Hal tersebut menandakan bahwa algoritma klasifikasi dan metode pengujian yang

digunakan sangat baik dalam mengatasi *imbalanced data*.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan agar menggunakan sampel yang sama sejak awal hingga akhir penyimpanan, melakukan pengamatan untuk waktu yang lebih lama, menambahkan pengamatan perubahan citra setiap harinya, menggunakan sensor gas yang lebih spesifik mengukur gas tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhimantoro, S. 2014. Mengetahui Tingkat Kematangan Buah Dengan Ultrasonik Menggunakan Logika Fuzzy. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 3(1), 63-68.
- Anova, I. T., & Kamsina, K. 2013. Efek Perbedaan Jenis Alpukat dan Gula terhadap Mutu Selai Buah. *Jurnal Litbang Industri*, 3(2), 91-99.
- Aprilliani, F., Atmiasih, D., & Ristiono, A. 2021. Evaluasi Tingkat Kematangan Buah Alpukat (*persea americana* Mill.) dengan Teknologi Pengolahan Citra. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 18(1), 1-8.
- Astuti, W. P. 2018. Substitusi Tempe untuk Meningkatkan Rasa dan Kadar Protein pada Abon Biji Durian (*Durio zibethinus* Murr). Skripsi. Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan, Lampung.
- Batubara, N. A., & Awangga, R. M. 2020. *Tutorial Object Detection Plate Number with Convolution Neural Network (CNN)*. Bandung: Kreatif Industri Nusantara.
- Dhyan, C., Sumarlan, S. H., & Susilo, B. 2014. Pengaruh Pelapisan Lilin Lebah dan Suhu Penyimpanan terhadap Kualitas Buah Jambu Biji (*Psidium guajava* L.). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 2(1), 79-90.
- Hapsari, R. K., & Indriyani, T. 2022. Implementasi Algoritma SMOTE Sebagai Penyelesaian Imbalance Hight Dimensional Datasets. Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika. Surabaya, 26 Maret 2022.
- Indrawati, A. 2021. Penerapan Teknik Kombinasi Oversampling Dan Undersampling Untuk Mengatasi Permasalahan Imbalanced Dataset. *Jurnal Informatika dan Komputer (JIKO)*, 4(1), 38-43.
- Kusumiyati, K., Farida, F., Sutari, W., Hamdani, J. S., & Mubarak, S. 2018. Pengaruh Waktu Simpan terhadap Nilai Total Padatan Terlarut, Kekerasan dan Susut Bobot Buah Mangga Arumanis. *Jurnal Kultivasi*, 17(3), 766-771.
- Murad, M., Sukmawaty, S., Ansar, A., Sabani, R., & Hidayat, S. 2022. Sistem Pendeteksi Kerusakan Buah Mangga Menggunakan Sensor Gas dengan Metode DCS-LCA. *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 3(4), 186-194.
- Nisah, K., dan Barat, Y. M. 2019. Efek Edible Coating pada Kualitas Alpukat (*Persea americana* Mill.) Selama Penyimpanan. *Ar-Raniry Chemistry Journal*, 1(1), 11-17.
- Prastya, O. A. 2015. *Pengaruh Pelapisan Emulsi Minyak Wijen dan Minyak Sereh terhadap Mutu dan Masa Simpan Buah Tomat (Lycopersicon esculentum Mill)*. Skripsi Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Udayana, Jimbaran.
- Qadrini, L., Seppewali, A., & Aina, A. 2021. Decision Tree dan Adaboost pada Klasifikasi Penerima Program Bantuan Sosial. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 2(7), 1959-1966.

Sukmawaty, S., Ahzani, M., & Putra, G. M. D. 2019. Karakteristik Buah Manggis, Alpukat, dan Jambu Biji pada Penyimpanan Suhu Rendah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 8(4), 280-292.