

Desain Kemasan Ritel Untuk Buah Alpukat Berlabel Indikator Kematangan

Novita Sari^{1*}, Emmy Darmawati¹, Usman Ahmad¹

¹ Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University

*email korespondensi: novitha.sary96@gmail.com

Info Artikel

Diajukan: 5 September 2022

Diterima: 30 November 2022

Keyword:

Avocado; retail packaging;
ripeness indicator labels;
perforation

Kata Kunci:

Alpukat; kemasan ritel;
kematangan; label indikator;
perforasi

Abstract

The level ripeness of the avocado was not so easy to know because it not marked with change in color. Consumers generally squeeze the fruit to ensure the level of maturity, therefore a ripe indicator label is needed so that the fruit is not damaged due to frequent pressure. The purpose of this research was to design avocado retail packaging which is equipped with an indicator of fruit maturity. The research was carried out in the following stages: preparation of avocados, production of color indicator matrices made from $KMnO_4$ and Molybdate, selection of retail packaging for 2 pieces per package, application of indicator labels on packaging, storage at room temperature (T1) and low temperature (T2). The packaging is given perforation (P1) and without perforation (P2). The parameters measured were respiration rate, color change of indicator label, hardness and TDS (Total Dissolved Solids) of avocado. The packaging was designed for two avocados weighing 0.5 kg per pack. The packaging material was made of mica plastic measuring 14 x 9 x 6 cm, given perforations of 4 pieces with a diameter of 0,8 mm. the packaging surface area was 528 cm². The volume of packaging was 756 ml and the average volume of fruit was 553,18 ml and volume of free was 202,82 ml (all sample). The indicator label measuring 2 x 1 cm was placed in the packaging lid. Ethylene produced by avocado could change the color of the indicator label on the packaging. Packaging perforations made the color change of the indicator label more noticeable. On the packaging without perforation there was moisture retained on the indicator label making the label wet and torn. The changes in the °Hue value of the indicator label were more correlated (with the change in hardness ($r = -0,42$) than the value of the TPT ($r = 0,071$). At low storage temperatures ($13\pm 2^\circ C$), the correlation of °Hue value with hardness was very low ($r = 0,059$). From these results, it was recommended that the application of avocado ripeness indicator labels should be used at room temperature storage with perforated packaging.

Abstrak

Kematangan buah alpukat tidak mudah diketahui karena tidak ditandai dengan perubahan warna. Konsumen umumnya menekan buah untuk memastikan tingkat kematangannya, oleh karena itu diperlukan label indikator kematangan agar buah tidak rusak karena sering ditekan. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang kemasan ritel alpukat yang dilengkapi dengan label indikator kematangan buah. Penelitian dilakukan dengan tahapan pembuatan matrik indikator warna berbahan $KMnO_4$ dan Molibdat, pemilihan kemasan ritel, aplikasi label indikator pada kemasan dan penyimpanan pada suhu ruang (T1) dan suhu rendah (T2). Pada kemasan diberi perforasi (P1) dan tanpa perforasi (P2). Parameter yang diukur adalah laju respirasi, warna label indikator, kekerasan dan TPT (Total Padatan Terlarut). Kemasan didesain untuk dua buah alpukat dengan berat 0,5 kg perkemasan. Bahan kemasan dari plastik mica berukuran 14 x 9 x 6 cm, diberi perforasi sebanyak 4 buah berdiameter 0,8 mm. Volume kemasan 756 ml dan volume buah rata-rata 553,18 ml. Label indikator berukuran 2 x 1 cm diletakkan dibagian dalam tutup kemasan. Etilen yang dihasilkan oleh alpukat dapat merubah warna label indikator pada kemasan. Perforasi kemasan membuat perubahan warna label indikator lebih terlihat. Pada kemasan tanpa perforasi terdapat uap air yang tertahan di label indikator membuat label basah dan robek. Perubahan nilai °Hue label indikator lebih berkorelasi atau memiliki hubungan dengan perubahan kekerasan ($r = -0,42$) dibanding nilai TPT ($r = 0,071$). Pada suhu penyimpanan rendah ($13\pm 2^\circ C$), korelasi nilai °Hue dengan kekerasan sangat rendah $r = 0,059$). Dari hasil tersebut disarankan aplikasi label indikator kematangan buah alpukat sebaiknya digunakan pada penyimpanan suhu ruang dengan kemasan yang diberi perforasi.

1. Latar Belakang

Alpukat adalah buah klimakterik yang biasanya dipanen pada tingkat ketuaan 75 sampai 80% dengan tesktur yang masih keras. Buah alpukat termasuk satu komoditas utama yang mendapat prioritas dibidang penelitian dan perdagangan selain jeruk, pisang, nanas dan mangga. Pada tahun 2013 produksi alpukat yaitu 289,893 ton, tahun 2014 sebesar 307,318 ton, tahun 2015 sebesar 382,537 ton, tahun 2016 yaitu 304,932 ton dan pada tahun 2017 produksi alpukat sebesar 363,148 ton (BPS 2019). Sebagai buah klimakterik, alpukat akan mengalami proses pematangan secara alami yang ditandai dengan lonjakan respirasi dan produksi etilen. Buah alpukat dijadikan sebagai objek dalam penelitian ini karena buah alpukat mengalami kematangan yang tidak mudah diketahui karena tidak mengalami perubahan warna sehingga konsumen sulit untuk mengetahui tingkat kematangannya.

Buah alpukat yang matang ditandai dengan buah yang lunak. Dalam memilih buah yang matang konsumen biasanya akan menekan buah untuk memastikan tingkat kematangannya. Namun cara tersebut umumnya akan mempercepat kerusakan buah. Pada kondisi di lapangan, alpukat yang dijual oleh pedagang di pinggir jalan dengan menggunakan terpal atau bak terbuka tanpa diberi alas dan pelindung dapat merusak mutu buah alpukat. Upaya dalam memilih buah yang matang tanpa harus menekannya adalah dengan label indikator sebagai pedoman untuk mendeteksi kematangan buah pada kemasan ritel berbahan plastik mika jenis PVC (*polyvinyl chloride*) memiliki tekstur plastik kaku (*rigid plastic*) yang banyak dijumpai dan digunakan sebagai kemasan produk pangan serta dapat melindungi produk dalam kemasan saat tertindih dengan kemasan lain. Kemasan ritel dibuat untuk memudahkan pemajangan yang memperlihatkan kondisi buah secara utuh kepada konsumen (Samang 2018).

Etilen yang diproduksi oleh buah klimakterik dapat digunakan sebagai indikator kematangan buah. Indikator berbasis etilen telah dikembangkan oleh Perangin-angin (2017) dengan menggunakan kalium permanganat ($KMnO_4$) sebagai penyerap etilen dan dikombinasikan dengan amonium molibdat dan polivinil alkohol sebagai matriks film.

Label indikator kematangan buah berbasis etilen perlu kemasan sebagai pengumpul etilen yang dihasilkan oleh buah. Label akan menyerap etilen yang diproduksi oleh buah dalam kemasan. Kemasan yang memiliki kemampuan untuk memantau dan memberikan informasi terkait kondisi produk didalamnya disebut sebagai kemasan cerdas (Ahvenainen 2003). Beberapa jenis kemasan cerdas yang telah dikembangkan yaitu kemasan dengan label indikator perubahan suhu, indikator kesegaran, indikator kematangan, indikator kebocoran, indikator patogen (Kuswandi 2011). Jenis kemasan cerdas yang telah dikembangkan yaitu kemasan dengan label indikator kematangan pada buah alpukat (Azrita 2019). Pada penelitian Azrita (2019) menyarankan metode aplikasi label perlu diterapkan pada kemasan ritel untuk mendeteksi kematangan buah alpukat pada berbagai kondisi (suhu ruang dan suhu dingin) serta penyimpanan alpukat selama 10 hari pengamatan.

Penelitian ini bertujuan 1) merancang kemasan ritel dengan label indikator warna yang dapat menandakan tingkat kematangan alpukat yang ada dalam kemasan dan 2) mengaplikasikan label indikator warna pada perlakuan dua faktor yaitu faktor perforasi pada kemasan dan faktor suhu penyimpanan.

2. Metode Penelitian

Bahan utama yang digunakan adalah buah alpukat mentega dengan bobot 200 sampai 300 g dengan tingkat kematangan 70 sampai 80 % yang diperoleh dari pedagang buah di Makasar yang disuplai langsung dari petani alpukat dari kecamatan Maumere, kabupaten Sikka, provinsi Nusa

Tenggara Timur (NTT). Bahan pembuat label indikator adalah kalium permanganat, amonium molibdat, dan polivinil alkohol (PVA) (bahan kimia teknis) diperoleh dari toko bahan laboratorium di kota Makassar. Kemasan berbahan plastik mika ukuran 14 x 9 x 6 cm. Alat yang digunakan adalah *CO₂ Analyzer*, *Oxygen Detector AR8100*, *colorimeter Kingwell JZ-300*, *refractometer digital HANNA HI-96801*, penetrometer digital, toples kaca Canister TP 5 dengan volume 1810 ml, cawan petridish, *hot plate magnetic stirer DLAB MS-H280-Pro*, blender Miyako BL-152 GF, timbangan, lemari pendingin LIEBHER R600 dan oven FAITHFUL GP-65B.

Penelitian dilakukan di Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M), Universitas Hasanuddin Makassar.

Penelitian dilakukan dalam lima tahapan yaitu 1) persiapan sampel alpukat, 2) pembuatan label indikator warna berbahan KMnO_4 dan amonium molibdat, 3) perancangan kemasan ritel, 4) pengukuran respirasi, 5) penyimpanan dan pengukuran kekerasan, total padatan terlarut (TPT) buah alpukat dan warna label indikator.

2.1. Persiapan sampel buah alpukat

Buah alpukat dipilih yang tidak rusak dan masuk kelas A (tinggi rata-rata 8,7 cm dan diameter 9 cm diukur pada bagian kepala buah), dengan berat 200 sampai 300 g per buah. Jumlah buah alpukat yang disiapkan sebagai sampel penelitian 120 buah.

2.2. Pembuatan label indikator warna

2.2.1. Pembuatan larutan film

Metode pembuatan larutan film untuk matrik dilakukan menggunakan referensi Rahmi dan Erliana (2012). Akuades sebanyak 100 ml dipanaskan terlebih dahulu, kemudian dimasukkan secara perlahan PVA sebanyak 3,5 g sambil diaduk hingga suhu larutan mencapai 80 - 100 °C. Pengadukan dilakukan sampai larutan menjadi homogen (± 60 menit). Selanjutnya larutan dibiarkan dingin hingga suhunya sesuai suhu ruang (± 26 °C) untuk siap digunakan.

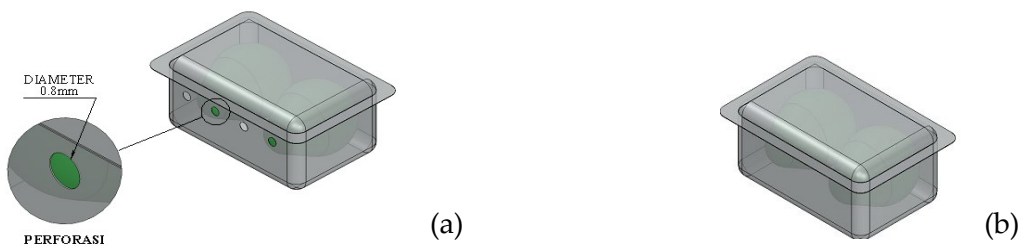
2.2.2. Pembuatan label indikator warna (Azrita 2019)

Metode pembuatan label indikator warna menggunakan referensi Azrita (2019). Amonium molibdat sebanyak 2 g dituangkan secara perlahan sambil diaduk kedalam 10 ml hidrogen peroksida sampai tercampur merata yang ditandai dengan warna larutan berubah menjadi kuning. KMnO_4 konsentrasi 0,01% sebanyak 3 ml ditambahkan dan diaduk sampai tercampur merata. Campuran ke tiga bahan tersebut kemudian dicampur dengan 100 ml larutan PVA, diaduk hingga merata menjadi sediaan larutan indikator. Larutan indikator sebanyak 40 ml dimasukkan ke dalam petridish berdiameter 10 cm, diratakan permukaannya kemudian dikeringkan menggunakan oven bersuhu 40 °C selama 24 jam. Matriks film dengan indikator warna siap dibuat label untuk diaplikasikan pada kemasan.

2.3. Perancangan kemasan ritel

2.3.1. Dimensi kemasan ritel (eceran)

Jumlah buah dalam satuan kemasan di rancang sebanyak 2 buah dengan berat per buah 200 g sampai 300 g dan berat per kemasan masing-masing 0,5 kg untuk semua sampel. Berdasarkan dimensi buah alpukat (tinggi rata-rata 8,7 cm dan diameter 9 cm) diperoleh kemasan plastik mika dengan ukuran 14 x 9 x 6 cm. Kemasan diberi mikroperforasi berdiameter 0,8 mm pada bagian atas dinding kemasan (dekat dengan tutup kemasan) sebanyak 4 lubang dengan posisi lubang sejajar.



Gambar 1. Desain kemasan ritel menggunakan perforasi (a) dan tanpa perforasi (b)

2.3.2. Penempatan label indikator

Label indikator berukuran 2 x 1 cm ditempatkan pada bagian dalam tutup kemasan dengan posisi di tengah permukaan tutup kemasan.

2.4. Pengukuran respirasi

Pengukuran respirasi digunakan untuk mendapatkan data komposisi pada gas CO₂ dan O₂. Respirasi buah alpukat diukur menggunakan CO₂ Analyzer dan Oxygen Detector AR8100. Buah alpukat yang sudah dibersihkan ditimbang 500 g (2 buah), dimasukkan kedalam toples kemudian ditutup rapat. Bagian antara penutup dan toples diberi lilin untuk mencegah kebocoran gas. Bagian atas tutup diberi lubang dan selang untuk mengukur gas O₂ dan CO₂ dalam toples. Pengukuran dilakukan dengan sistem tertutup yaitu dengan menutup toples selama 3 jam, kemudian gas dalam toples yang berisi hasil respirasi diukur menggunakan kedua alat di atas. Setelah selesai pengukuran akan ditutup lagi pada jam yang sama dihari berikutnya. Pengukuran dilakukan dengan 3 kali ulangan pada sampel yang sama. Persamaan menghitung laju respirasi (persamaan 2 dan 3) menggunakan persamaan respirasi buah dan sayuran yang telah banyak peneliti lakukan (Bhande 2008; Casterllanos *et al.* 2016). Gas terukur dalam satuan persen dan dihitung laju konsumsi O₂ dan produksi CO₂ menggunakan persamaan berikut:

- Berat buah (BB) : 500 gram atau 0,5 kg
- Volume buah : X ml
- Volume toples : 1810 ml

2.4.1. Menghitung volume bebas toples

$$\text{Volume bebas} : VB = 1810 \text{ ml} - X \text{ ml} \tag{1}$$

2.4.2. Menghitung laju konsumsi O₂ (dalam toples)

- % O₂ pada jam ke 0 : 21% = 0,21
- Hasil pengukuran O₂ pada jam ke t : p % = 0.p (desimal)

$$\text{Perubahan } O_2 (PO_2) = \frac{0,21 - p}{t} = \dots\dots / \text{jam}$$

$$\text{Laju konsumsi } O_2 = \frac{PO_2 \times VB}{B} = \dots\dots \frac{\text{ml}}{\text{kg jam}} \tag{2}$$

2.4.3. Menghitung laju produksi CO₂ (dalam toples)

- % CO₂ pada jam ke 0 : 0,03 % = 0,0003
- Hasil pengukuran CO₂ pada jam ke t : c % = 0.c (desimal)

$$\begin{aligned} \text{Perubahan } CO_2 (PCO_2) &= \frac{c - 0,0003}{t} = \dots\dots \text{ / jam} \\ \text{Laju produksi } CO_2 &= \frac{PCO_2 \times VB}{BB} = \dots\dots \frac{ml}{kg \text{ jam}} \end{aligned} \tag{3}$$

Dimana:

VBT: Volume bebas toples (ml)

VT : Volume toples (ml)

BB : Berat buah (g atau kg)

t : Waktu (jam)

2.5. Pengukuran kekerasan, total padatan terlarut dan warna

2.5.1. Pengukuran kekerasan

Menurut Noerliyanti (2017) kekerasan buah diukur menggunakan penetrometer. Penetrometer diatur pada mode 1 dengan beban maksimum 10 kg, kedalaman penusukan tidak sampai menusuk daging. Hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan N (Newton). Kekerasan diukur di tiga titik yaitu pangkal, tengah, dan ujung buah.

2.5.2. Pengukuran total padatan terlarut (TPT)

Menurut Nielsen (1998) pengukuran total padatan terlarut diukur menggunakan refraktometer digital. Refraktometer digital sebelum digunakan di kalibrasi dengan meneteskan air aquades di atas prisma sampai menutup seluruh permukaan prisma dan angka pada layar *display* diatur bernilai nol. Alpukat mentah sangat sedikit kandungan airnya, oleh karenanya dilakukan pelarutan daging buah dengan bantuan air akuades. Sebanyak 1 g daging buah alpukat ditambah 10 ml akuades, diblender sampai lumat berbentuk cairan. Cairan alpukat kemudian diteteskan pada prisma sampai menutupi permukaannya. Digital refraktometer hasil pembacaan langsung akan ditampilkan pada layar *display* dengan satuan °Brix. Pengenceran dengan tambahan aquades memberikan pengaruh terhadap nilai TPT. Potter dan Hotchkiss (1995) dalam Kusumah (2007) menyatakan total padatan terlarut meningkat karena adanya air yang diikat oleh bahan penstabil sehingga konsentrasi bahan yang larut meningkat. Semakin banyak partikel yang terikat oleh bahan penstabil maka total padatan terlarut juga akan semakin meningkat dan mengurangi endapan yang terbentuk.

2.5.3. Pengukuran warna

Pengukuran indeks warna pada label indikator dilakukan menggunakan *colorimeter* (Hidayat *et al.* 2019). Komponen warna yang diukur adalah L* (Kecerahan), a* (warna merah/ positif, warna hijau/ negatif) dan b* (warna kuning/ positif, warna biru/ negatif). Pengukuran dilakukan dengan menempelkan sensor pada bagian label indikator warna kemudian menembakkan sinar pada bagian tersebut. Menurut Nofrida (2013) nilai a* dan b* digunakan untuk menghitung °Hue dengan rumus persamaan sebagai berikut:

$$\text{°Hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \tag{4}$$

Pengukuran data untuk kekerasan, TPT buah alpukat dan warna label indikator dilakukan setiap 2 hari sekali sampai hari ke-10 penyimpanan.

2.6. Rancangan percobaan

Rancangan yang digunakan adalah faktorial dua faktor yaitu faktor suhu (T) dan faktor perforasi (P). Faktor suhu ada dua taraf yaitu suhu rendah (13±2 °C) mewakili suhu *showcase* dan

suhu ruang ($20 \pm 3^\circ\text{C}$) mewakili suhu ruang display di supermarket Perforasi ada dua taraf yaitu kemasan diberi perforasi tanpa perforasi. Pemberian perforasi bertujuan permeasi oksigen dapat mengatur oksigen sirkulasi uap air CO_2 dan O_2 sera menghambat terjadinya penurunan mutu dan mengeluarkan uap air yang tertahan dalam kemasan.

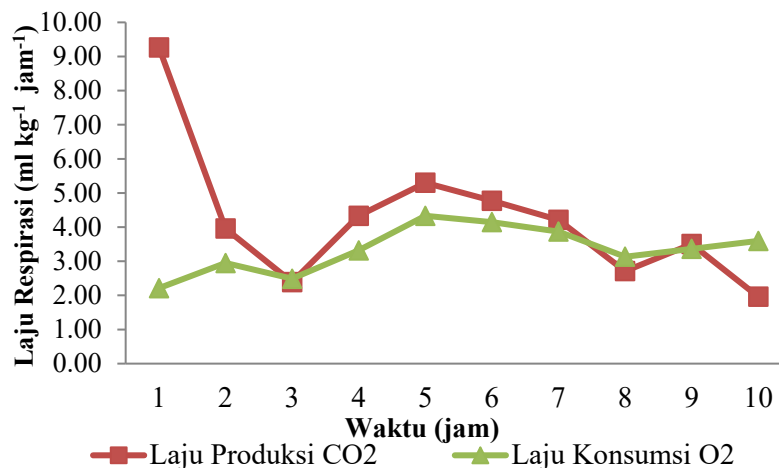
2.7. Analisis data

Variasi data hasil pengukuran diuji dengan ANOVA dan bila ada beda nyata dilanjutkan dengan uji DMRT dengan tingkat kepercayaan 95 %. Hubungan antara perubahan warna label indikator dengan kematangan buah diuji dengan nilai korelasi antara nilai $^\circ\text{Hue}$ label indikator dengan kekerasan dan TPT. Berdasarkan pengamatan pendahuluan dan referensi dari literatur (Azrita 2019) diperoleh data rata-rata alpukat yang di *display* (dipajang) pada suhu ruang sudah rusak atau membusuk di hari ke-10.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Laju respirasi buah alpukat

Salah satu parameter untuk mengetahui umur simpan buah alpukat adalah dengan mengamati laju respirasi buah alpukat. Menurut Ahmad (2013) menyatakan bahwa ada dua faktor yang mempengaruhi laju respirasi diantaranya faktor internal dan eksternal. Ciri-ciri faktor internal adalah jenis jaringan penyusun komoditas, sifat alami lapisan kulit, kekompakan sel, tahap perkembangan dan kerusakan fisik buah sedangkan faktor eksternal adalah kelembaban udara, komposisi udara dan suhu. Hasil pengukuran laju respirasi selama penyimpanan (**Gambar 2**) menunjukkan adanya sifat klimaterik buah alpukat dilihat dari perubahan laju konsumsi O_2 maupun produksi CO_2 . Laju produksi CO_2 meningkat dan mencapai produksi tertinggi pada hari ke-5 sebesar $5,30 \text{ ml kg}^{-1} \text{ jam}^{-1}$ kemudian menurun sampai hari ke-10 menjadi $1,96 \text{ ml kg}^{-1} \text{ jam}^{-1}$. Laju konsumsi O_2 juga meningkat kemudian mengalami penurunan dengan konsumsi O_2 tertinggi pada hari-5 sebesar $4,33 \text{ ml kg}^{-1} \text{ jam}^{-1}$ dan mengalami penurunan hingga hari ke-10 menjadi $3,59 \text{ ml kg}^{-1} \text{ jam}^{-1}$.



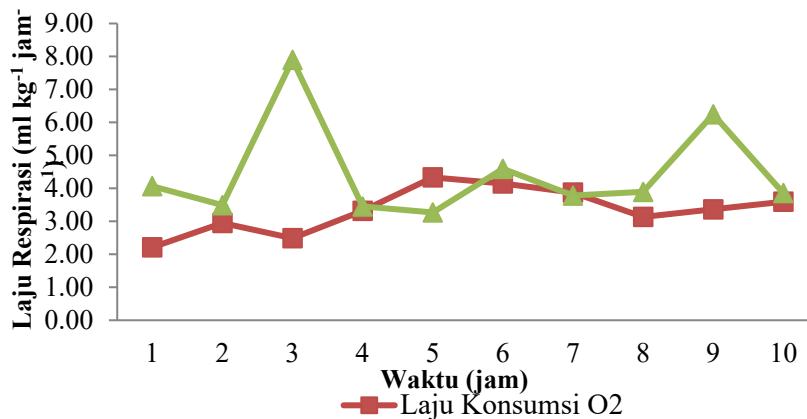
Gambar 2. Grafik laju respirasi buah alpukat

Pola produksi CO_2 yang meningkat pada kisaran hari ke-5 dan hari ke-6 kemudian menurun hingga akhir penyimpanan menyerupai hasil penelitian Azrita (2019) yang menyatakan buah alpukat meningkat dan mencapai titik puncak tertinggi pada hari ke-6 penyimpanan kemudian menurun hingga akhir penyimpanan pada suhu $\pm 25^\circ\text{C}$; Blakey (2011) juga menyatakan puncak respirasi produksi CO_2 terjadi pada hari ke-6 dan ke-7 setelah panen pada penyimpanan suhu $\pm 21^\circ\text{C}$.

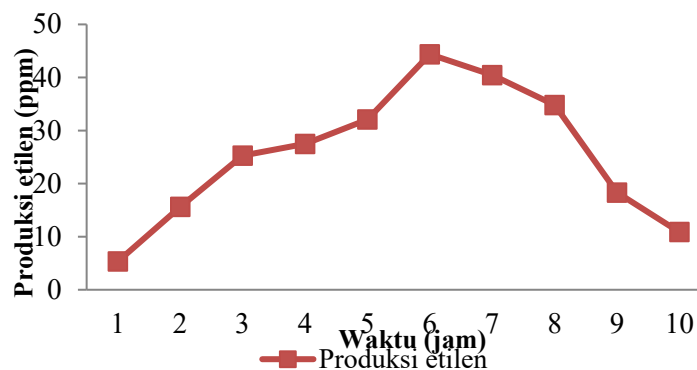
3.2. Laju Produksi Etilen Buah Alpukat

Adapun produksi etilen (ppm) yang diamati selama 10 hari penyimpanan (Azrita 2019) seperti

pada **Gambar 3**. Pada penelitian (Azrita 2019) jumlah minimum etilen yang dapat merubah warna label indikator adalah 37,28 ppm. Produksi etilen pada penyimpanan hari ke-5 sudah di atas batas jumlah minimum tersebut. Hasil pengamatan warna indikator yang diaplikasikan pada kemasan buah alpukat dari penelitian ini terlihat ada perubahan warna indikator mulai penyimpanan hari ke-4 pada suhu ruang ($20\pm 3^{\circ}\text{C}$) dan hari ke-6 pada suhu dingin ($13\pm 2^{\circ}\text{C}$). Hasil penelitian Azrita (2019) menunjukkan hal yang sama, yaitu terjadi perubahan warna indikator mulai hari ke 4 penyimpanan.



Gambar 3. Grafik perbandingan laju konsumsi O₂ dengan laju konsumsi O₂ hasil penelitian Azrita (2019)

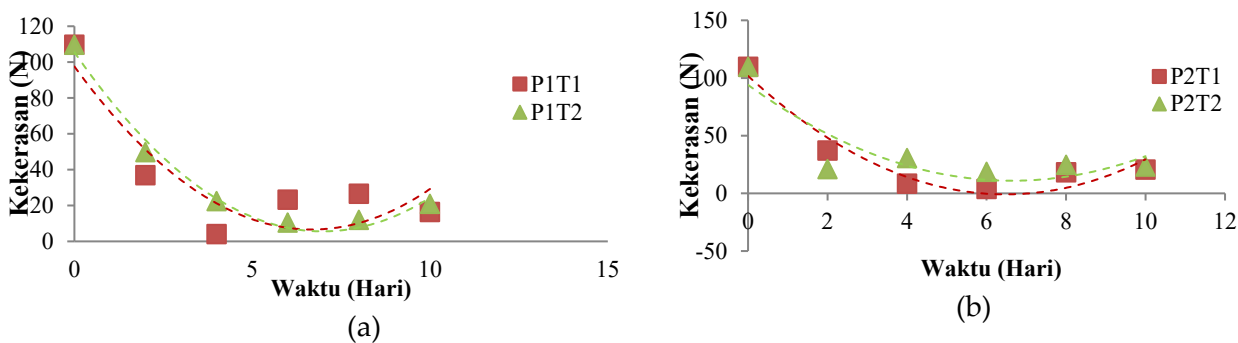


Gambar 4. Grafik produksi etilen buah alpukat (sumber: Azrita 2019)

3.3. Perubahan Fisiko-Kimia Buah Alpukat dalam Kemasan

3.3.1. Kekerasan Buah Alpukat

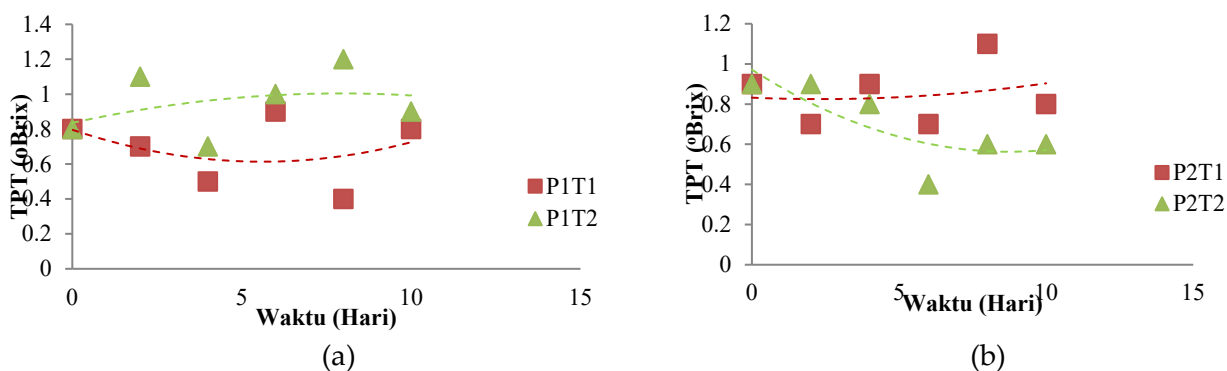
Kekerasan merupakan salah satu parameter tingkat kematangan buah dalam proses penyimpanan. Penurunan nilai kekerasan terjadi disebabkan oleh adanya perubahan pada dinding sel selama proses pematangan (Apriliani *et al.* 2021). Hal yang sama dinyatakan oleh Taufiq *et.al* (2022), selain respirasi penurunan kekerasan buah juga dipengaruhi oleh proses pematangan dan pemasakan buah. Grafik perubahan nilai kekerasan buah alpukat ditunjukkan oleh **Gambar 5a** dengan pada suhu ruang dan suhu rendah, **Gambar 5b** tanpa perforasi pada suhu ruang dan suhu dingin. Kekerasan buah alpukat diawal penyimpanan tinggi kemudian menurun dari hari ke-6 sampai ke-8 dan meningkat lagi diakhir penyimpanan. Kulit buah alpukat yang mengeras diakhir penyimpanan menjadikan nilai ukur kekerasan buah tinggi. Hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh suhu terhadap kekerasan mulai hari ke-4 sampai hari ke-8. Pada hari ke 10 buah penyimpanan tidak berbeda karena buah alpukat sudah menunjukkan tanda-tanda busuk. Penurunan kekerasan alpukat menunjukkan perubahan buah dari mentah menjadi matang. Perlakuan perforasi pada kemasan tidak memberi pengaruh perubahan kekerasan.



Gambar 5. Nilai Kekerasan buah alpukat selama penyimpanan dengan perforasi pada suhu ruang dan suhu dingin (a), tanpa perforasi pada suhu ruang dan suhu dingin (b)

3.3.2. Total Padatan Terlarut (TPT) Alpukat

Nilai TPT buah alpukat diukur menggunakan alat refraktometer yang dinyatakan dalam °Brix. Nilai °Brix akan mengalami peningkatan selama proses pematangan karena adanya perombakan karbohidrat menjadi sukrosa, glukosa dan fruktosa pada buah-buahan (Rahman 2007). Grafik perubahan nilai TPT buah alpukat ditunjukkan oleh **Gambar 6a** dengan perforasi pada suhu ruang dan suhu dingin, **Gambar 6b** tanpa perforasi pada suhu ruang dan suhu dingin. Nilai TPT pada suhu ruang meningkat sampai akhir penyimpanan, namun pada penyimpanan suhu dingin dengan kemasan tanpa perforasi nilainya menurun sampai akhir penyimpanan. Hasil analisa ANOVA, perforasi yang diberikan pada kemasan berpengaruh terhadap perubahan nilai TPT buah alpukat baik yang disimpan pada suhu ruang maupun suhu dingin mulai hari ke-4 penyimpanan. Nilai TPT lebih tinggi pada alpukat yang dikemas dengan perforasi. Semakin matang buah maka semakin banyak TPT yang terkandung didalamnya. Meningkatnya nilai TPT menunjukkan bahwa kandungan gula dalam buah semakin banyak (Angelia 2017). Beberapa hasil penelitian menunjukkan perforasi berpengaruh terhadap TPT seperti Dirpan et al (2021) menyatakan mangga yang dikemas dengan perforasi menghasilkan rasa yang lebih disukai panelis. Rasa manis mangga berkorelasi positif dengan tingginya nilai TPT. Anggraini dan Permatasari (2017) menyatakan bahwa perforasi berpengaruh terhadap nilai TPT pada sawi hijau.



Gambar 6. Nilai TPT buah alpukat selama penyimpanan dengan perforasi pada suhu ruang dan suhu dingin (a), tanpa perforasi pada suhu ruang dan suhu dingin (b)

3.4. Aplikasi Indikator Kematangan Pada Kemasan Buah Alpukat

Perubahan warna label indikator yang diletakkan di bawah permukaan tutup kemasan yang berisi buah alpukat dalam kemasan ditunjukkan pada **Tabel 1**. Perubahan mulai terjadi pada penyimpanan hari ke-4 untuk suhu ruang dan hari ke-6 untuk suhu dingin. Hal ini menunjukkan bahwa ada peningkatan jumlah etilen dalam kemasan dan telah mencapai batas yang dapat merubah

warna label indikator. Beberapa label indikator terlihat rusak diakhir penyimpanan disebabkan oleh kondensasi uap air di bagian tutup kemasan yang tidak diberi perforasi. Perforasi dapat mengurangi terjadinya penumpukan panas dan uap air hasil respirasi di permukaan bagian dalam tutup kemasan. Warna indikator akan menjadi media informasi mengenai kondisi produk atau komoditas kepada konsumen (Harmaji 2017).

Tabel 1. Perubahan warna label yang diaplikasikan pada kemasan mika buah alpukat

Perlakuan	Hari					
	0	2	4	6	8	10
P1T1						
Penampakan	Terdapat gelembung-gelembung udara pada indikator					
P2T1						
Penampakan	Terdapat gelembung-gelembung udara dan uap air pada indikator					
P1T2						
Penampakan	Terdapat gelembung-gelembung udara pada indikator					
P2T2						
Penampakan	Terdapat sedikit gelembung namun indikator mudah rusak dan sobek					

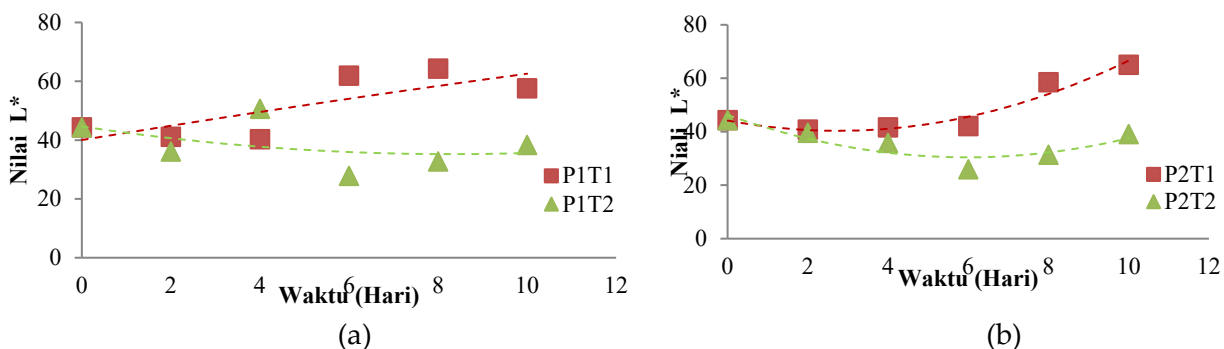
Dimana: P1T1 : Perforasi suhu ruang, P2T1 :Tanpa perforasi suhu ruang, P1T2 : Perforasi suhu dingin, P2T2 : Tanpa perforasi suhu dingin

3.5. Perubahan warna label indikator

3.5.1. Nilai L*

Pengukuran warna terdiri atas 3 parameter yaitu L, a dan b. Lokasi warna pada sistem ini ditentukan dengan koordinat L*, a* dan b*. Notasi nilai L* menunjukkan kecerahan dengan nilai 0 (hitam) sampai 100 (putih) menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna akromatik putih, abu-abu dan hitam (Sinaga 2019). Nilai L* label indikator pada penyimpanan suhu ruang meningkat dari nilai awalnya rendah menjadi lebih tinggi

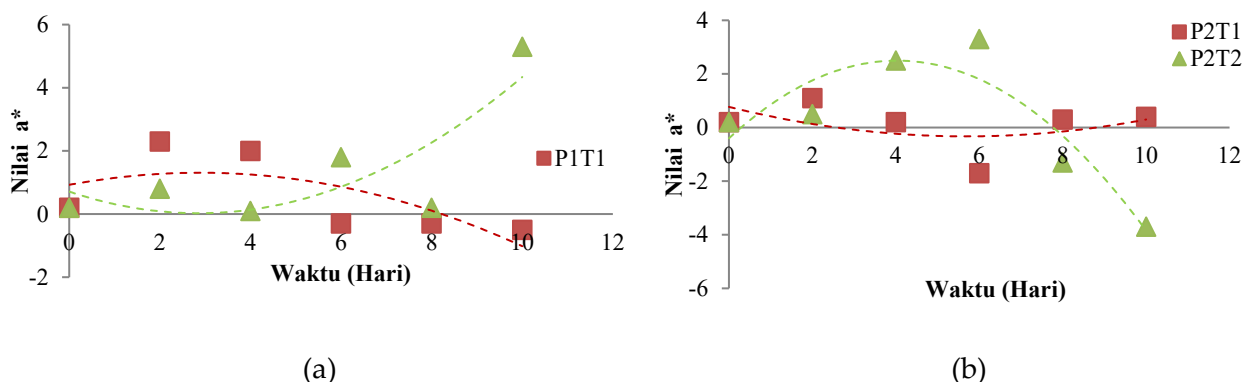
(terang), sementara pada penyimpanan suhu dingin terjadi sebaliknya yaitu lebih rendah dari nilai awalnya (**Gambar 7**). Pengaruh suhu terhadap perubahan nilai L selama penyimpanan terlihat pada hari ke-6 sampai akhir penyimpanan (hari ke-10) dengan nilai L* lebih tinggi pada label indikator yang disimpan pada suhu ruang dibanding dengan suhu dingin. Pengaruh perforasi terhadap nilai L* terlihat pada penyimpanan suhu ruang dihari ke-6 dan ke-8. Nilai L* label indikator lebih cerah pada kemasan dengan perforasi dibanding tanpa perforasi.



Gambar 7. Nilai L* label indikator selama penyimpanan dengan perforasi pada suhu ruang dan suhu dingin (a), tanpa perforasi pada suhu ruang dan suhu dingin (b)

3.5.2. Nilai a*

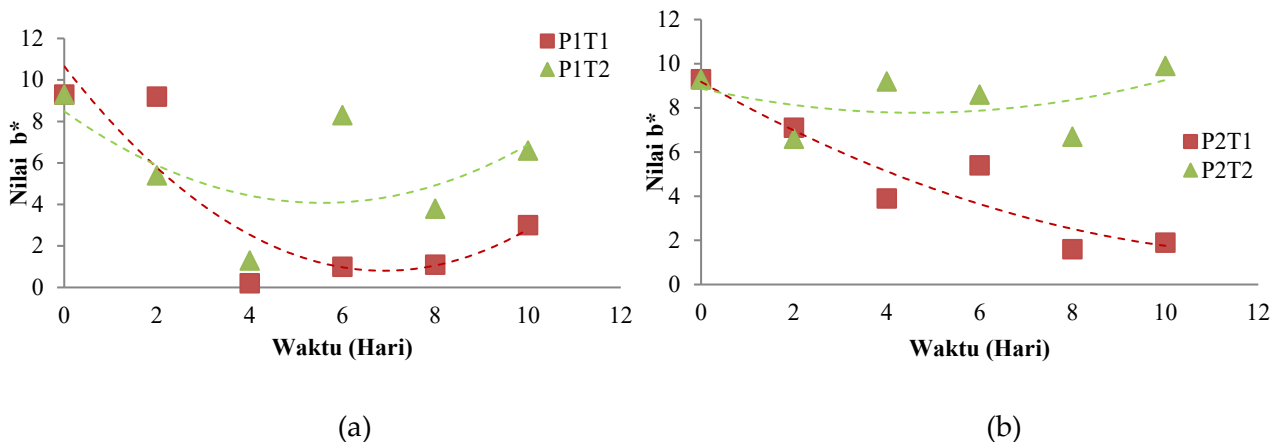
Nilai a* label indikator berubah selama penyimpanan seperti pada **Gambar 8**. Nilai a* label indikator yang diletakkan pada kemasan dengan perforasi menunjukkan tren yang menurun sampai akhir penyimpanan baik yang disimpan di suhu ruang maupun suhu dingin. Menurut Santoso (2013) menyatakan nilai a* menunjukkan warna kromatik campuran antara merah dan hijau dengan skala nilai 0 sampai 100 untuk warna merah dan 0 sampai (-80) untuk warna hijau. Hal ini menunjukkan selama masa penyimpanan warna pada label indikator cenderung berwarna hijau dari hari ke hari. Sementara nilai a* label indikator yang diaplikasikan pada kemasan tanpa perforasi terlihat tren menurun tetapi diakhir penyimpanan meningkat kembali. Peningkatan nilai a diakhir penyimpanan dikarenakan uap air yang terperangkap pada label indikator.



Gambar 8. Nilai a* label indikator selama penyimpanan dengan perforasi pada suhu ruang dan suhu dingin (a), tanpa perforasi pada suhu ruang dan suhu dingin (b)

3.5.3. Nilai b*

Tren perubahan nilai b* label indikator menurun sampai akhir penyimpanan, menunjukkan perubahan dari warna cerah (kuning) menuju warna gelap (biru). Menurut Santoso (2013) menyatakan nilai b* menunjukkan warna kromatik campuran antara biru dan kuning dengan skala nilai 0 sampai 80 untuk warna kuning dan 0 sampai (-80) untuk warna biru. Perubahan tersebut terjadi lebih cepat pada label yang disimpan disuhu ruang dari pada di suhu dingin (**Gambar 9**). Adanya perforasi juga mempercepat perubahan nilai b*. Hasil ANOVA dan uji DMRT memperlihatkan pengaruh perforasi terhadap nilai b* pada penyimpanan suhu ruang yang sudah terlihat pada hari ke-2 penyimpanan sampai dengan hari ke-6 dan selanjutnya tidak berbeda. Sedangkan pada penyimpanan suhu dingin dihari ke-8 dan ke-10 baru terlihat pengaruh perforasi terhadap nilai b*.



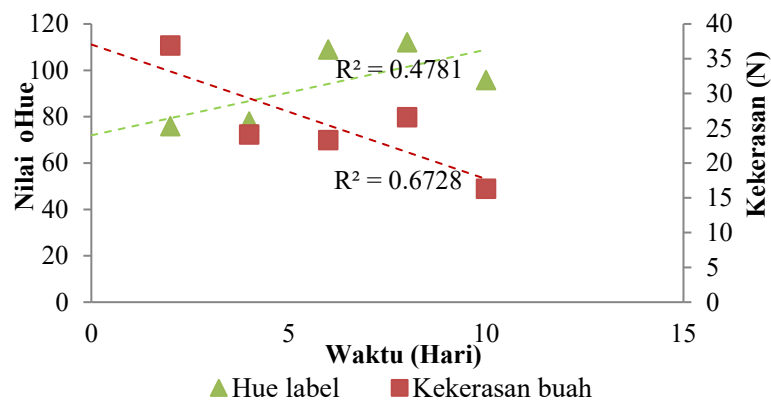
Gambar 9. Nilai b* label indikator selama penyimpanan dengan perforasi pada suhu ruang dan suhu dingin (a), tanpa perforasi pada suhu ruang dan suhu dingin (b)

3.6. Korelasi perubahan warna label indikator dengan kematangan buah alpukat

Data pengukuran warna a* dan b* diolah menjadi nilai °hue untuk memudahkan analisa korelasi warna label dengan tingkat kematangan buah alpukat. Nilai °hue merupakan atribut yang menunjukkan derajat warna visual yang terlihat, °hue menyatakan warna sebenarnya seperti merah, hijau dan kuning (Fitria *et al.* 2017). Indikator kematangan buah alpukat pada penelitian ini adalah nilai kekerasan dan TPT. Hasil analisa *Pearson Correlation* menunjukkan korelasi nilai °hue dengan kekerasan buah lebih baik dibanding dengan nilai TPT. Korelasi kekerasan seiring dengan perubahan warna kuning cerah menjadi hijau gelap yang berarti sesuai dengan konsep dari buah mentah menjadi matang seperti terlihat pada pedoman label indikator warna (**Gambar 10**). Nilai korelasi terbesar pada perlakuan P1T1 (kemasan diberi perforasi dengan suhu ruang) yaitu -0,42 (nilai °hue label P1T1) sedangkan kemasan tanpa perforasi yaitu -0,38 (nilai °hue label P2T1). Korelasi nilai °Hue label dengan kekerasan maupun TPT pada suhu penyimpanan dingin sangat rendah (0,071-0,02).

Kekerasan buah berkorelasi negatif dengan nilai °hue yang ditunjukkan dengan penurunan nilai kekerasan diikuti dengan kenaikan nilai °hue (**Gambar 10**). Penurunan nilai kekerasan buah alpukat menandakan tekstur buah semakin lunak. Pelunakan ini dapat terjadi akibat perubahan komposisi dinding sel yang termasuk ke dalam salah satu mekanisme pelunakan yang biasa terjadi pada buah saat matang (Tucker *et al.* 1993). Pada penelitian ini, kekerasan menjadi parameter kematangan yang berkorelasi dengan perubahan warna label indikator. Berdasarkan nilai korelasi dapat dinyatakan bahwa label indikator kematangan lebih tepat diaplikasikan pada kemasan yang disimpan di suhu

ruang dan diberi perforasi. Adapun pedoman warna label indikator terhadap tingkat kematangan buah alpukat seperti pada **Gambar 11**.



Gambar 10. Grafik korelasi perubahan nilai °Hue label indikator dengan kekerasan buah pada perlakuan P1T1



Gambar 11. Pedoman label indikator warna

4. Kesimpulan

Kemasan ritel buah alpukat terbuat dari plastik polivinil klorida (PVC) berbentuk kotak berukuran 14 x 9 x 6 cm dengan luas permukaan 528 cm², diantaranya lubang perforasi sebanyak 4 buah ukuran diameter 0,8 mm. Kemasan buah alpukat berdimensi tinggi rata-rata 8,7 cm dan diameter 9 cm dengan berat per kemasan masing-masing 0,5 kg atau 500 g (2 buah alpukat), mampu menghasilkan etilen yang dapat merubah warna label indikator berukuran 2 x 1 cm yang diletakkan dipermukaan bagian dalam tutup kemasan. Perubahan warna label indikator dari warna kuning terang menjadi warna hijau gelap. Perubahan nilai °Hue label indikator berkorelasi lebih tinggi dengan nilai kekerasan ($r = -0,42$) dibanding dengan nilai TPT ($r = 0,071$). Nilai r adalah analisa Pearson Correlation nilai kekerasan dengan nilai TPT. Pada suhu penyimpanan rendah ($13 \pm 2^\circ\text{C}$), korelasi nilai °Hue dengan kekerasan sangat rendah ($r = 0,059$). Perforasi pada kemasan dapat membuang panas dan uap air di permukaan tutup kemasan sehingga perubahan warna label indikator lebih terlihat dan kondisi label masih utuh sampai akhir penyimpanan. Dari hasil ini disarankan aplikasi label indikator kematangan buah alpukat sebaiknya digunakan pada penyimpanan suhu ruang dengan kemasan yang diberi perforasi.

5. Daftar Pustaka

- Ahmad U. 2013. Teknologi Penanganan Pascapanen Buah dan Sayuran. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Ahvenainen R. 2003. Active and intelligent packaging. In: Ahvenainen R. (Ed). *Novel food packaging techniques*. CRC Press. P 5-21.
- Angelia IO. 2017. Kandungan ph, total asam tertitiasi, padatan terlarut dan vitamin C pada beberapa komoditas hortikultura. *Journal of Agritech Science*. 1(2):68-74.
- Anggraini R dan Permatasari ND. 2017. Pengaruh lubang perforasi dan jenis plastik kemasan terhadap kualitas sawi hijau (*Brassica Juncea L.*) *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 14(3):154-162.
- Apriliani F, Atmiasih D, dan Ristiono A. 2021. Evaluasi tingkat kematangan buah alpukat (*Persea Americana Mill.*) dengan teknologi pengolahan citra. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 18(1):1-7.
- Azrita MW. 2019. Rancangan kemasan dengan indikator warna untuk Deteksi Tingkat Kematangan Buah Alpukat. [tesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Produksi buah-buahan. www.bps.go.id. Diakses tanggal 9 November 2022.
- Bhande SD, Ravindra MR, Goswami TK. 2008. Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage temperatures. *Journal of Food Engineering*. 87(1):116-123.
- Blakey RJ, Bower JP, Bertling I. 2011. Management of avocado postharvest physiology. *Thesis*. Horticulture Science, School of Agricultural Science and Agribusiness. University of Kwazulu-Natal, Pietermaritzburg. Doi:10.13140/RG.2.1.3652.7121.
- Castellanos DA, Cerisuelo JP, Hernandezmunoz, Herrera AO, Gavara R. 2016. Modelling the evaluation of O₂ and CO₂ concentrations in MAP of a fresh product : application to tomato. *Journal of Food Engineering*. 168:84-95.
- Dirpan A, Rahman AN, Sapsal MT, Tahir MM, Dewitara S. 2021. Perubahan warna dan organoleptik buah manga golek (*Mangifera indica L.*) pada metode penyimpanan zero energy cool chamber (Zecc) dengan kombinasi pengemasan. *Jurnal Agritechno*. 14(2):66-75.
- Fitria EA, Warsiki E, Yuliasih I. 2017. Model kinetika perubahan warna label indikator dari klorofil daun singkong (*Manihot esculenta crantz*). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 27(1):17-23.
- Harmaji DD. 2017. Label cerdas pendeteksi kematangan buah klimaterik berbahan PVA (polivinil alkohol). *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Hidayat SH, Dirpan A, Adiansyah, M Djalal, Rahman AN, Ainani AF. 2019. Sensitivity determination of indicator paper as smart packaging elements in Monitoring meat freshness in cold temperature. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 343(1). Doi:10.1088/1755-1315/343/1/012076.
- Kusumah RA. 2007. Optimasi kecukupan panas melalui pengukuran distribusi dan penetrasi panas pada formulasi minuman sari buah pala (*Myristica fragrans HOUTT*). *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Kuswandi B, Wicaksono Y, Jayus, Abdullah A, Heng LY, Ahad M. 2011. Sensor for monitoring of food quality and safety. *Electron Journal Sens and Instrumen Food Quality*. 5:137-146. Doi 10.1007/S1.1694-011-9120-x.
- Nielsen SS. 1998. Food Analysis. Second Edition. New York: Plenum Publishers.

- Noerliyanti I. 2017. Analisis karakteristik dan umur simpan beberapa genotipe ubi kayu (*Manihot esculenta crantz.*). Hasil Pemuliaan. [skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Nofrida R. 2013. Film indikator warna daun erpa sebagai kemasan cerdas untuk produk rentan suhu dan cahaya.[tesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Perangin-angin AB. 2017. Ethylene color indikator to detect climacteric fruit ripeness.[tesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Rahman AN. 2007. Kajian penanganan sistem kemasan aktif penyerap etilen untuk memperpanjang masa simpan buah alpukat (*Persea americana* Mill). [tesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Rahmi, Erliana G. 2012. Perbedaan karakteristik fisik edible film dari umbi-umbian yang dibuat dengan penambahan. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 31(2):131-136.
- Samang AMB. 2018. Desain kemasan buah rambutan (*Nephelium lappaceum l.*) untuk distribusi dan pemasaran dalam satuan eceran (ritel). *Thesis*. Institut Pertanian Bogor.
- Santoso EB, Basito, Rahadian D. 2013. Pengaruh penambahan berbagai jenis dan konsentrasi susu terhadap sifat sensoris dan sifat fisikokimia puree labu kuning (*Cucurbita moschata*). *Jurnal Teknos Pang*. 2(3):1-12.
- Sinaga AS. 2019. Segmentasi ruang warna L* a* b*. *Jurnal Mantik Penusa*. 3(1):43-46.
- Taufiq FM, Tamrin, Rahmawati W, Warji. 2022. Rancangan kemasan buah alpukat (*Persea americana* Mill) menggunakan serbuk gergaji kayu. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*. 1(2):131-139.
- Tucker GA. 1993. Biochemistry of fruit ripening. Chapman and Hall, London.