

# jTEP

## JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 7, No. 2, Agustus 2019



Publikasi Resmi  
**Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia**  
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)  
bekerjasama dengan  
**Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA**  
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

## Penanggungjawab:

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB  
Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

## Dewan Redaksi:

Ketua : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)  
Anggota : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)  
(*editorial board*) Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)  
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)  
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)  
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)  
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)  
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)  
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)  
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)  
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)  
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)  
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)  
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)  
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)  
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)  
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)  
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)  
Nanik Purwanti (Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc Food Research Center Irelandia)  
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)  
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)  
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)  
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)  
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)  
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)  
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)  
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)  
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

---

**Redaksi Pelaksana:**

Ketua : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, IPB University)  
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, IPB University)  
Bendahara : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)  
Anggota : Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, IPB University)  
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)  
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)  
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)  
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, IPB University)  
Agus Ghautsun Niam (Scopus ID: 57205687481, IPB University)  
Administrasi : Diana Nursolehat (IPB University)

**Penerbit:** Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

**Alamat:** Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: [jtep@ipb.ac.id](mailto:jtep@ipb.ac.id) atau [jurnaltep@yahoo.com](mailto:jurnaltep@yahoo.com)  
Website: [web.ipb.ac.id/~jtep](http://web.ipb.ac.id/~jtep) atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

**Rekening:** BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

**Percetakan:** PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

---

## Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 7 No. 2 Agustus 2019. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof. Dr. Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Bayu Dwi Apri Nugroho, PhD (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Ir. Darma, M.Si, Ph.D (Fakultas Pertanian, Universitas Papua), Ir. Siti Mariana Widayanti, M.Si (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian), Prof.Dr.Ir. Tineke Mandang, (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Radite Praeko Agus Setiawan, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold Oscar Nelwan, MSi (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lenny Saulia, MSi (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Chusnul Arif, S.TP, MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor)

---

*Technical Paper*

## **Rancangan Kemasan dengan Indikator Warna untuk Deteksi Tingkat Kematangan Buah Alpukat**

### *Packaging Design with Color Indicator to Detect Ripeness Levels of Avocado Fruit*

Meika Wahyuni Azrita, Program Studi Teknologi Pascapanen, Institut Pertanian Bogor.

Email: meikaazrita@gmail.com

Usman Ahmad\*, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Email: uahmad2010@gmail.com

Emmy Darmawati, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Email: emi\_handono@yahoo.com

#### **Abstract**

*Determining the ripeness levels of avocados is still having difficulties because the fruit does not change color when ripe. Smart labels based on color indicators of ammonium molybdate with potassium permanganate can be used to detect the maturity of avocados by detecting ethylene gas (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) produced during the ripening process. This study aims to examine the physiological and physicochemical changes that occur in avocados during the ripening process, design packaging of color indicator labels to determine the level of maturity of avocados and changes in color indicators to the maturity level of avocados. Parameters measured were respiration rate and ethylene production, hardness, total dissolved solids and color change. The data obtained were tested using ANOVA and Duncan's further test to obtain the best treatment. The best performance was obtained from label composed by 2 grams ammonium molybdate and 3 grams potassium permanganate with a good and even color gradation as responses to different level of ripeness by detecting the presence of ethylene in packaging.*

**Keywords:** color indicator label, avocado, ammonium molybdate, potassium permanganate, ethylene

#### **Abstrak**

Penentuan kematangan buah alpukat masih mengalami kesulitan karena buah tidak mengalami perubahan warna saat matang. Label cerdas berbasis indikator warna amonium molibdat dengan kalium permanganat dapat digunakan untuk mendeteksi kematangan buah alpukat dengan mendeteksi gas etilen (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) yang dihasilkan selama proses pematangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perubahan fisiologi dan fisiko kimia yang terjadi pada buah alpukat selama proses pematangan, perancangan kemasan label indikator warna untuk mengetahui tingkat kematangan buah alpukat dan perubahan indikator warna terhadap tingkat kematangan buah alpukat. Parameter yang diukur adalah laju respirasi dan pembentukan etilen, kekerasan, total padatan terlarut dan uji warna. Data yang diperoleh diuji dengan ANOVA dan dilakukan uji lanjut Duncan untuk mendapatkan perlakuan terbaik. Kinerja terbaik diperoleh dari label yang disusun oleh 2 gram amonium molibdat dan 3 gram kalium permanganat dengan respon gradasi warna yang baik dan merata terhadap tingkat kematangan yang berbeda dengan mendeteksi keberadaan etilen dalam kemasan.

**Kata kunci:** label indikator warna, buah alpukat, amonium molibdat, kalium permanganat, etilen

*Diterima: 15 April 2019; Disetujui: 22 Juni 2019*

## Pendahuluan

Alpukat merupakan salah satu buah tropis yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena banyak mengandung lemak dan protein yang baik untuk tubuh. Buah alpukat termasuk satu komoditas utama 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 mencapai 363,148 ton (BPS 2019).

Alpukat adalah buah klimakterik yang mengalami lonjakan respirasi dan produksi etilen setelah dipanen, yang mempengaruhi perubahan fisiologis dan biokimia yang terjadi selama pematangan (Giovannoni 2001). Dibandingkan dengan buah-buahan klimakterik lainnya, alpukat menghasilkan jumlah etilen yang tinggi ( $80-100 \mu\text{Lkg}^{-1}\text{jam}^{-1}$  pada  $20^{\circ}\text{C}$ ) saat pematangan (Seymour dan Tucker 1993). Tingkat kematangan alpukat mempengaruhi mutu dan kualitas buah. Mengetahui tingkat kematangan tidaklah mudah, terutama jika buah tidak mengalami perubahan warna kulit setelah proses kematangan. Namun demikian, seiring waktu, buah akan melunak karena penurunan tekanan turgor pada dinding sel. Dalam menduga tingkat kematangan, konsumen sering melakukannya dengan menekan buah untuk memastikan tingkat kekerasan buah. Praktik ini akan meninggalkan memar pada buah kemudian akan merusak kualitasnya.

Label indikator kematangan dapat memudahkan konsumen dalam menduga tingkat kematangan buah alpukat tanpa menekannya. Label ini bekerja berdasarkan pada perubahan warna sehingga dapat dengan mudah dilihat biasanya dikenal dengan istilah kemasan cerdas. Kemasan cerdas adalah sistem melekat sebagai label, yang dimasukkan ke dalam kemasan, atau dicetak ke bahan kemasan untuk memantau kualitas produk (Kerry dan Butler 2008). Syamsu *et al.* (2016) meneliti label indikator menggunakan nano zeolit sebagai penyerap etilen. Hasil penelitiannya, nano zeolit berpotensi dikembangkan untuk indikator kematangan. Nano zeolit dipilih sebagai matriks penyerap amonium molibdat sehingga akan dihasilkan label indikator kematangan yang dapat berubah warna yang dapat menginformasikan jika terjadi peningkatan etilen. Reaksi yang terjadi antara senyawa yang dihasilkan produk selama proses penyimpanan dengan label indikator akan menghasilkan perubahan warna pada label indikator yang merupakan prinsip kerja label indikator sebagai kemasan cerdas.

Penelitian ini bertujuan untuk 1) mengkaji perubahan fisiologi dan fisiko-kimia yang terjadi pada buah alpukat mentega selama proses pematangan, 2) perancangan kemasan dengan label indikator warna untuk mengetahui tingkat kematangan buah alpukat selama penyimpanan.

## Bahan dan Metode

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah buah alpukat mentega dari petani Depok. Bahan kimia lain berupa gas etilen dan gas oksigen, bahan penyerap kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ), ammonium molibdat [ $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24.4}\text{H}_2\text{O}$ ], hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), dan polivinil alkohol (PVA). Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah gas kromatografi, *chromameter*, wadah polypropylene (PP) dimensi  $17 \times 9 \times 11.5$  cm, karet *stopper*, refraktometer dan *rheometer*.

### Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri atas tiga tahapan yaitu 1) formulasi bahan dan pembuatan indikator warna, 2) menentukan parameter kematangan buah alpukat berdasarkan karakteristik fisiologisnya, dan 3) perancangan kemasan dan pengujian buah alpukat dengan indikator warna untuk deteksi tingkat kematangan buah.

#### 1. Formulasi Bahan dan Pembuatan Indikator Warna

Langkah awal dalam pembuatan label indikator kematangan adalah untuk menghasilkan formulasi bahan pewarna yang berfungsi sebagai indikator. Tujuannya adalah menghasilkan larutan pewarna yang sensitif terhadap senyawa etilen. Berdasarkan hasil dari pra penelitian didapatkan hasil yaitu larutan dibuat dari ammonium molibdat sebagai zat terlarut dan hidrogen peroksida sebagai pelarut. Ammonium molibdat sebanyak 1, 2 dan 3 gram dilarutkan dalam 10 ml hidrogen peroksida lalu ditambahkan larutan kalium permanganat sebanyak 1, 3 dan 5 ml. Pencampuran ammonium molibdat dengan pelarut hidrogen peroksida dilakukan dengan menuangkan ammonium molibdat kedalam hidrogen peroksida. Jika dilakukan sebaliknya akan menyebabkan kehilangan panas yang berlebihan dan bisa berbahaya. Pencampuran larutan kalium permanganat dilakukan setelah semua ammonium molibdat terlarut secara rata pada hidrogen peroksida ditandai dengan warna larutan berubah menjadi kuning. Ammonium molibdat adalah senyawa kristal berwarna kuning transparan dan akan mengalami perubahan warna setelah bereaksi.

#### 2. Menentukan parameter kematangan buah alpukat berdasarkan karakteristik fisiologisnya

Karakteristik fisiologis buah alpukat termasuk laju respirasi dan produksi gas etilen diukur. Pengukuran perubahan fisiologis dilakukan dengan memasukkan buah alpukat ke dalam *chamber* lalu disimpan selama 0, 2, 4, 6, 8 dan 10 hari pada suhu ruang ( $26^{\circ}\text{C}$ ). Gas kromatografi digunakan untuk menganalisis laju respirasi dengan mengukur penyerapan oksigen. Gas kromatografi dihidupkan kurang lebih selama 45 menit sampai lampu petunjuk *ready* berkedip-kedip kemudian gas kromatografi siap digunakan. Pada saat

*running* selang penyaluran oksigen dari *chamber* etilen dan oksigen ke gas kromatografi dijepit oleh klip agar oksigen yang ada pada *chamber* tidak bocor (tidak ada sirkulasi udara). Pada saat pengukuran oksigen, klip ini dilepas sehingga oksigen yang ada pada ruang penyerapan terhubung dengan gas kromatografi untuk dilakukan pembacaan konsentrasi oksigen.

Analisis sampel etilen buah alpukat dilakukan dengan menggunakan gas kromatografi jenis FID (*Flame Ionization Detektor*). Pengukuran tersebut dilakukan di Laboratorium Lingkungan dan Bangunan Pertanian dengan menggunakan GC tipe D-263-50 Hitachi. Penginjeksian etilen dilakukan dengan cara mengambil sampel etilen dari ruang penyerapan dengan menggunakan *syringe* dan kemudian sampel diinjeksikan kedalam kolom yang terdapat pada gas kromatografi. Kolom yang digunakan untuk etilen analisis didorong dengan gas pendorong  $N_2$  0.5 kgf/menit dan gas kromatografi dihubungkan dengan rekorder grafik yang diberi kertas (Maicardinal, 1999).

Kemudian tahap selanjutnya dilakukan pengamatan parameter pada tekstur kekerasan, total padatan terlarut buah alpukat dan warna label indikator selama 0, 2, 4, 6, 8 dan 10 hari.

### 3. Perancangan kemasan buah alpukat dengan indikator warna untuk deteksi tingkat kematangan buah.

Nilai dari hasil perbandingan perubahan fisiologis buah alpukat yaitu laju etilen dan laju respirasi dengan kekerasan dan TPT yang paling berpengaruh dijadikan dasar dalam merancang indikator kematangan.

Kegiatan utama pada perancangan kemasan adalah pengujian konsentrasi minimal gas etilen yang mampu mengubah indikator warna yang digunakan pada label. Percobaan dilakukan dengan menempatkan indikator warna pada salah satu sisi *chamber*. Suhu dan kelembaban ruangan disesuaikan pada 25°C dan kemudian gas etilen pada berbagai konsentrasi disuntikkan ke dalam *chamber* melalui karet *stopper* yang ditempel pada penutup wadah. Pengujian tahap ini menggunakan komposisi gas etilen yang berbeda untuk setiap *chamber*, seperti 30, 40 dan 50 ppm. *Chamber* yang digunakan dalam pengujian ini memiliki dimensi 17 x 9 x 11.5 cm.

Degradasi warna pada label indikator diamati untuk melihat seberapa sensitif label tersebut pada gas etilen berbagai konsentrasi. Jika warna yang dihasilkan oleh label indikator makin beragam maka daya serap label indikator terhadap etilen semakin banyak. Selanjutnya, untuk membaca perubahan warna secara tepat dapat menggunakan *chromameter*.

#### Aplikasi Indikator Kematangan Pada Buah Alpukat

Label indikator kematangan diujicobakan pada alpukat yang dikemas dengan desain kemasan seperti pada tahap sebelumnya. Buah alpukat mengeluarkan etilen selama proses kematangannya dimana jumlah  $C_2H_4$  yang dihasilkan bergantung pada keadaan

kematangan buah. Jumlah etilen yang dihasilkan bisa di bawah  $1\mu l\ kg^{-1}\ h^{-1}$ . Perubahan warna indikator seiring dengan hari penyimpanan buah alpukat dilihat secara visual dan dikuantifikasi dengan *chromameter* untuk identifikasi warna yang tepat. Pengukuran warna setiap sampel dilakukan sebanyak 2 kali. Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar penentuan umur simpan buah alpukat yang diamati. Hal ini terjadi karena intensitas perubahan warna akan sejalan dengan jumlah etilen yang diproduksi oleh buah alpukat selama penyimpanan. Pada awal masa penyimpanan, produksi etilen buah alpukat relatif sedikit sehingga tingkat oksidasi pun masih rendah, akibatnya warna label indikator belum banyak berubah. Seiring dengan berjalannya waktu penyimpanan hingga waktu klimakterik, dimana produksi etilen semakin tinggi maka reaksi oksidasi akan semakin tinggi pula sehingga warna label indikator akan semakin berubah.

#### Analisis Data

Analisis statistik menggunakan Rancangan Acak Lengkap 2 faktorial. Kemudian diukur dengan metode eksperimental duplo dimana pelipat gandaan percobaan menjadi dua kali percobaan. Metode ini dilakukan untuk membandingkan nilai hasil pengukuran yang pertama dan kedua agar tidak terjadi kesalahan yang signifikan atau mengurangi faktor kesalahan. Faktor pertama yang digunakan adalah pemberian amonium molibdat (A) sebanyak 1, 2 dan 3 gram selanjutnya faktor kedua adalah pemberian larutan  $KMnO_4$  (K) dengan dosis 1, 3 dan 5 ml terhadap lama penyimpanan 0, 2, 4, 6, 8 dan 10 hari sehingga didapatkan 9 perlakuan yaitu A1K1, A1K3, A1K5, A2K1, A2K3, A2K5, A3K1, A3K3 dan A3K5. Data yang diperoleh akan diuji dengan ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95% dan jika antar perlakuan berbeda nyata maka akan dilakuka Uji lanjut Duncan untuk mendapatkan perlakuan terbaik.

## Hasil dan Pembahasan

#### Formulasi Bahan dan Pembuatan Indikator Warna

Indikator label menggunakan ammonium molibdat ( $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ ) sebagai indikator pewarna, hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) sebagai zat pelarut dan larutan  $KMnO_4$  sebagai pendeteksi etilen. Amonium molibdat yang lebih tinggi konsentrasi membuat reaksi agresif karena mengandung kandungan logam. Tetapi jika rendah konsentrasi, maka sensitivitas label indikator akan berkurang. Hal ini berarti larutan warna yang kurang terkonsentrasi mengandung lebih sedikit ammonium molibdat. Jika mengandung sedikit ammonium molibdat, maka film ini akan mengalami penyerapan etilen yang buruk yang mana perubahan warna pada label tidak muncul dengan jelas.

Tabel 1 menunjukkan hasil perubahan indikator warna antara ammonium molibdat dan  $KMnO_4$ . Pada tahap ini dilakukan pemilihan konsentrasi antara ammonium molibdat dan  $KMnO_4$ . Hal ini dilakukan

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi ammonium molibdat dan  $\text{KMnO}_4$  terhadap perubahan warna label.

Perlakuan	Hari					
	0	2	4	6	8	10
A1K1						
Penampakan	Terdapat gelembung-gelembung udara pada indikator					
A1K3						
Penampakan	Terdapat gelembung-gelembung udara pada indikator					
A1K5						
Penampakan	Terdapat gelembung-gelembung udara pada indikator					
A2K1						
Penampakan	Terdapat sedikit gelembung pada indikator					
A2K3						
Penampakan	Terdapat sedikit gelembung pada indikator					
A2K5						
Penampakan	Terdapat sedikit gelembung pada indikator					
A3K1						
Penampakan	Tidak terdapat gelembung namun indikator mudah hancur					
A3K3						
Penampakan	Tidak terdapat gelembung namun indikator mudah hancur					
A3K5						
Penampakan	Tidak terdapat gelembung namun indikator mudah hancur					

untuk mengetahui pengaruh konsentrasi antara ammonium molibdat dan  $KMnO_4$  terhadap perubahan warna label. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi terbaik antara ammonium molibdat dan  $KMnO_4$  yaitu A2K3. Perubahan indikator warna A2K3 dari kuning menjadi warna hijau dimulai dari hari ke 2 secara merata dan konsisten. Hasil tersebut sesuai dengan Harmaji (2017) yang menghasilkan warna label indikator yang tercampur gas etilen berubah menjadi hijau. Hal tersebut menunjukkan semakin rendahnya konsentrasi antara ammonium molibdat dan  $KMnO_4$  tidak menghasilkan warna yang maksimal dan merata sedangkan konsentrasi antara ammonium molibdat dan  $KMnO_4$  yang tinggi menghasilkan warna yang terlalu pekat.

### Perubahan Fisiologi Buah Alpukat

#### Laju Respirasi Buah Alpukat

Setelah dilakukan pengukuran laju respirasi (Gambar 1), diketahui bahwa laju produksi  $CO_2$  memiliki nilai tertinggi pada hari ke 6 sebesar 15.66 ml/kg.jam kemudian mengalami penurunan pada hari berikutnya dan nilai terendah pada hari ke 1 sebesar 4.72 ml/kg.jam. Selanjutnya, pada laju konsumsi  $O_2$  nilai tertinggi sebesar 7.89 ml/kg.jam pada hari ke 3 dan nilai terendah pada hari ke 5 sebesar 3.26 ml/kg.jam. Menurut Winarno dan Aman (1979), rasio antara  $CO_2$  yang dihasilkan buah dengan  $O_2$  yang dikonsumsi buah disebut RQ (*Respiratory Quotient*). Apabila nilai RQ adalah 1.0 kemungkinan besar bahan yang dioksidasi seluruhnya adalah karbohidrat (gula), sedangkan jika nilai RQ sebesar 0.80 maka bahan yang dioksidasi adalah lemak, lalu untuk RQ sebesar 0.71 berarti respirasi dilangsungkan dengan hanya mengoksidasi protein saja, dan bila RQ berkisar

antara 0.71-1.0 maka bahan yang dioksidasi adalah campuran. Nilai RQ buah alpukat selama penyimpanan berkisar antara 0.71-1.0 maka bahan yang dioksidasi alpukat selama respirasi adalah campuran antara lemak, protein, dan karbohidrat.

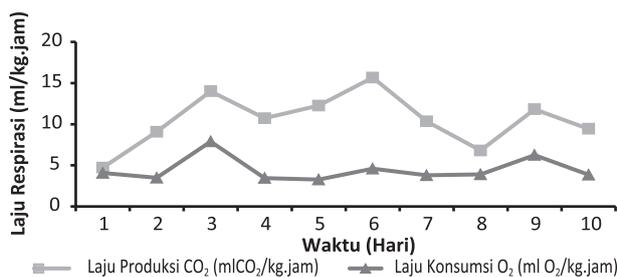
#### Laju dan Produksi Etilen Buah Alpukat

Dalam pengamatan ini, hasil penelitian laju dan produksi etilen (Gambar 2) diketahui bahwa laju dan produksi etilen mengalami puncak pada hari ke 6 masing-masing sebesar 16.28 ppm/kg.hari dan 44.37 ppm yang terus mengalami penurunan pada hari selanjutnya sampai buah mengalami kerusakan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Nurjanah (2002), bahwa proses pematangan buah akan memperlihatkan terjadinya peningkatan produksi gas etilen hingga mencapai puncak tertentu, setelah itu jumlahnya akan mengalami penurunan seiring dengan berakhirnya proses kematangan buah alpukat.

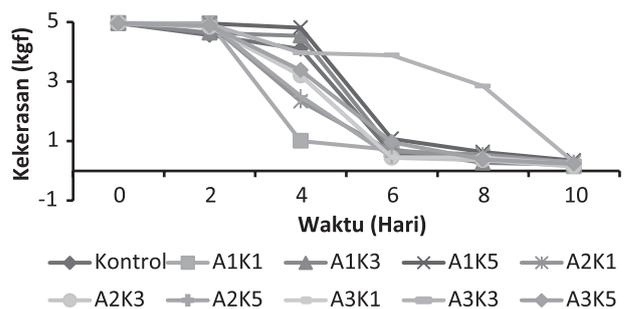
### Pengamatan Parameter Buah Alpukat

#### Kekerasan Buah Alpukat

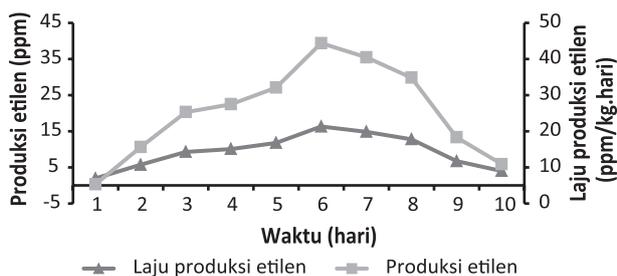
Terjadinya penurunan kekerasan merupakan akibat dari reaksi laju respirasi alpukat, terlihat dari Gambar 1 dan Gambar 3 yang menunjukkan saat laju respirasi meningkat maka besar penurunan nilai kekerasan alpukat juga meningkat, namun setelah mencapai puncak klimakterik meskipun laju respirasi menurun tetapi tidak diikuti dengan meningkatnya nilai kekerasan, hal ini disebabkan karena telah terjadi perombakan protopektin selama penurunan nilai kekerasan sebelumnya. Menurut Syafutri et al. (2006) menurunnya tingkat kekerasan dapat disebabkan oleh proses respirasi. Pada proses respirasi, terjadi pecahnya karbohidrat menjadi senyawa-senyawa



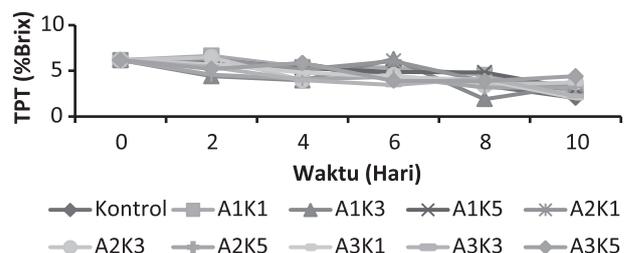
Gambar 1. Laju respirasi buah alpukat.



Gambar 3. Kekerasan Buah Alpukat.



Gambar 2. Laju produksi etilen dan produksi etilen buah alpukat.



Gambar 4. Total padatan terlarut buah alpukat.

yang lebih sederhana sehingga jaringan pada komoditi menjadi lunak. Berdasarkan Gambar 11 terlihat grafik kekerasan buah alpukat mengalami penurunan di semua perlakuan dan kontrol.

**Total Padatan Terlarut Buah Alpukat**

Bila merujuk pada laju respirasi maka terlihat ada keterkaitan dengan nilai total padatan terlarut, terlihat saat laju respirasi meningkat maka nilai total padatan terlarut juga meningkat, namun kondisi tersebut tidak pasti terjadi. Selama proses pematangan buah menghasilkan gas etilen yang terakumulasi selama proses pematangan dan mengakibatkan proses metabolisme yang berlangsung secara terus-menerus sehingga perombakan pati menjadi glukosa berlangsung dengan cepat. Menurut Pantastico (1989) menyatakan bahwa semakin banyak total padatan terlarut pada buah alpukat maka semakin banyak pula yang terlarut didalamnya, dan sebaliknya semakin sedikit total padatan terlarut maka semakin sedikit pula yang terlarut didalamnya. Hasil uji total padatan terlarut dapat dilihat pada Gambar 4.

**Perubahan Warna Label Indikator**

Ruang warna L\*a\*b\* adalah teori yang menyatakan bahwa dua warna tidak bisa merah dan hijau pada

waktu yang sama atau kuning dan biru pada saat waktu yang sama. Nilai L\* menunjukkan light/ terang, a\* menunjukkan koordinat warna merah/ hijau dan b\* adalah koordinat warna biru/ kuning.

**Nilai L\***

Nilai L\* berdasarkan perlakuan A1K1 menunjukkan pengaruh berbeda nyata pada dengan semua perlakuan. Sementara perlakuan A1K5 menunjukkan pengaruh tidak berbeda nyata pada dengan perlakuan A2K5. Selanjutnya, berdasarkan lama penyimpanan pada hari ke 4 menunjukkan pengaruh tidak berbeda nyata pada hari ke 6, 8 dan 10 namun menunjukkan pengaruh berbeda nyata pada hari ke 0 dan 2. Hasil pengukuran perubahan warna nilai L\* label indikator warna dapat dilihat pada Gambar 5.

**Nilai a\***

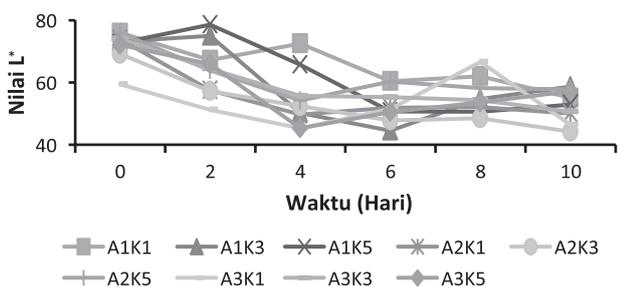
Nilai a\* berdasarkan perlakuan A1K1 tidak menunjukkan pengaruh berbeda nyata pada dengan A1K3 dan A3K5. Sementara perlakuan A2K5 menunjukkan pengaruh berbeda nyata pada dengan perlakuan A3K3, A3K1 dan A1K1. Selanjutnya, berdasarkan lama penyimpanan pada hari ke 4 menunjukkan pengaruh tidak berbeda nyata pada hari ke 6, 8 dan 10 namun menunjukkan pengaruh berbeda nyata pada hari ke 0 dan 2. Pada Gambar 6 dijelaskan bahwa nilai a\* pada label indikator warna mengalami penurunan selama masa penyimpanan. Hal itu menunjukkan warna pada label indikator cenderung berwarna hijau dari hari ke hari.

**Nilai b\***

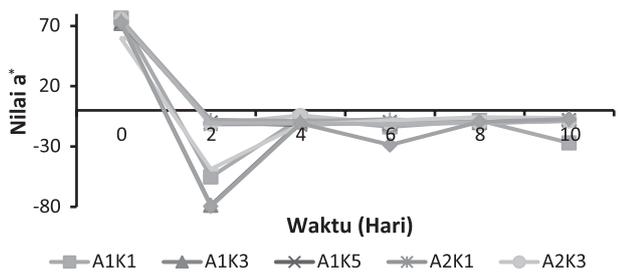
Nilai b\* berdasarkan perlakuan A3K1 menunjukkan pengaruh berbeda nyata pada dengan semua perlakuan. Sementara perlakuan A1K1 menunjukkan pengaruh tidak berbeda nyata pada dengan perlakuan A2K5. Selanjutnya, berdasarkan lama penyimpanan pada hari ke 4 menunjukkan pengaruh tidak berbeda nyata pada hari ke 6, 8 dan 10 namun menunjukkan pengaruh berbeda nyata pada hari ke 0 dan 2. Hasil pengukuran perubahan warna nilai b\* label indikator warna dapat dilihat pada Gambar 7.

**Hubungan Warna Label sebagai Parameter Kematangan Buah Alpukat**

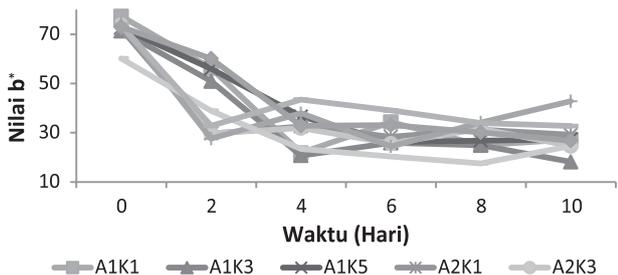
Hubungan respon perubahan warna label dengan nilai hasil pengujian parameter kematangan buah alpukat seperti kekerasan, total padatan terlarut dan indikator perubahan warna nilai L\*, a\* dan b\* sangat penting dilakukan untuk mengetahui tingkat sensitivitas label dalam mendeteksi kesegaran buah alpukat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi terbaik dari A2K3. Hubungan kematangan buah alpukat dengan warna label dapat dilihat pada Tabel 2. Perubahan warna yang terjadi yaitu dari kuning terang menjadi hijau gelap. Semakin lama waktu penyimpanan buah alpukat maka mengalami penurunan nilai kekerasan dan TPT yang berarti mutu buah alpukat semakin menurun. Label indikator warna menunjukkan



Gambar 5. Nilai L\* label indikator warna.

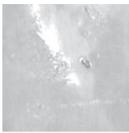
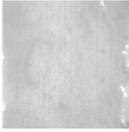
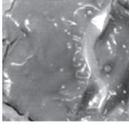


Gambar 6. Nilai a\* label indikator warna.



Gambar 7. Nilai b\* label indikator warna

Tabel 2. Hubungan kematangan buah alpukat dengan warna label indikator.

Lama penyimpanan (hari)	Parameter Kematangan buah alpukat					Warna Label Indikator
	Kekerasan (kgf)	TPT (%Brix)	Nilai L*	Nilai a*	Nilai b*	
0	4.95	6.17	69.12	75.60	73.82	
2	4.83	6.47	57.22	-11.50	29.72	
4	3.19	3.97	52.36	-4.25	31.84	
6	0.43	4.50	47.77	-10.93	25.60	
8	0.35	3.40	48.46	-10.64	31.65	
10	0.14	3.73	44.15	-8.76	24.60	

perubahan warna pada hari ke 0 sampai hari ke 10 menjadi hijau gelap dengan nilai L\*, a\* dan b\* masing-masing sebesar 44.15, -8.76 dan 24.60 yang berarti buah alpukat sudah mengalami kerusakan atau tidak layak dikonsumsi (busuk). Perubahan warna ini sesuai dengan keadaan visual dari indikator label yang telah mengalami perubahan kematangan buah alpukat dengan buah yang telah lunak teksturnya dan juga mengeluarkan bau busuk.

### Simpulan

Label indikator perubahan warna ammonium molibdat–kalium permanganat terbaik adalah perlakuan 2 gram ammonium molibdat and 3 gram kalium permanganate karena memiliki respon gradasi warna yang baik dan merata sehingga berpotensi sebagai pendeteksi keberadaan etilen dalam kemasan. Respon label indikator warna dalam mendeteksi etilen ditandai dengan perubahan warna dari kuning terang menjadi hijau gelap. Nilai L\*, a\* dan b\* indikator tersebut menunjukkan perubahan yang signifikan selama penyimpanan.

### Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik. 2019. Produksi Buah-Buahan. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Diakses tanggal 21 Juli 2019.
- Giovannoni, J. 2001. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annu.Rev.Plant Physiol.* 52:725-749.
- Harmaji, D.D. 2017. Label cerdas pendeteksi kematangan buah klimaterik berbahan PVA (polivinil alkohol). (Skripsi). IPB. Bogor
- Kerry, J. and P. Butler. 2008. Smart packaging technologies for fast moving consumer goods. John wiley & sons, Ltd. England
- Maicardinal. 1999. Mempelajari Efektivitas Sistem Penyerap Etilen dengan Kalium Permanganat (KMnO<sub>4</sub>) dan Pengaruhnya terhadap Konsentrasi CO<sub>2</sub> pada Penyimpanan Buah Segar. (Skripsi). Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor
- Nurjanah, S. 2002. Kajian laju respirasi dan produksi etilen sebagai dasar penentuan waktu simpan sayuran dan buah-buahan. *J Bionatura.* 4(3):148-156

- Pantastico, E.R.B. 1989. Fisiologi pascapanen, penanganan dan pemanfaatan buah-buahan dan sayur-sayuran tropika dan sub tropika. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Seymour, G. dan G. Tucker. 1993. Avocado, in: biochemistry of fruit ripening, Chapman and Hall, London, UK, Vol. 1: 53-81
- Syafutri, M.I., F. Pratama dan D. Saputra. 2006. Sifat fisik dan kimia buah mangga (*Mangifera indica* L.) selama penyimpanan dengan berbagai metode pengemasan. *J Teknol dan Indust Pangan*. 17(1)
- Winarno, F.G., dan M. Aman. 1979. Fisiologi Lepas Panen. Jakarta (ID). Sastra Hudaya.