

## **SKRIPSI**

**PEMBUATAN INDIKATOR KESEGARAN BUAH ALPUKAT (*Persea americana* Mill) DENGAN MEMANFAATKAN EKSTRAK KULIT BUAH NAGA (*Hylocereus polyrhizus*) SEBAGAI ELEMEN SMART PACKAGING**

Disusun dan diajukan oleh

**YULIANA  
G031 17 1015**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**PEMBUATAN INDIKATOR KESEGARAN BUAH ALPUKAT (*Persea americana Mill*)  
DENGAN MEMANFAATKAN EKSTRAK KULIT BUAH NAGA (*Hylocereus polyrhizus*)  
SEBAGAI ELEMEN SMART PACKAGING**

***Making Indicators Of Freshness Of Avocado Fruit (*Persea americana Mill*) By  
Utilizing Dragon Fruit Peel Extract (*Hylocereus polyrhizus*) As A Smart Packaging  
Element***

OLEH:

Yuliana

G031 17 1015

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**SKRIPSI**

Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar

**SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

pada

Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

## LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

### PEMBUATAN INDIKATOR KESEGARAN BUAH ALPUKAT (*Persea americana Mill*) DENGAN MEMANFAATKAN EKSTRAK KULIT BUAH NAGA (*Hylocereus polyrhizus*) SEBAGAI ELEMEN SMART PACKAGING

Disusun dan diajukan oleh:

**YULIANA  
G031171015**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin pada tanggal 29 Juli 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

**Andi Dirpan, S.TP., M.Si., PHD**  
Nip. 19820208 200604 1 003

Pembimbing Pendamping

**Muspirah Djalal, S.TP., M.Sc**  
Nip. 19910817 201909 2 001



Ketua Program Studi,  
**Dr. Febriadi Bastian, S.TP., M.Si**  
Nip. 19820205 200604 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yuliana  
NIM : G031 17 1015  
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

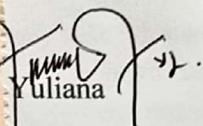
**“Pembuatan Indikator Kesegaran Buah Alpukat (*Persea americana Mill*) Dengan Memanfaatkan Ekstrak Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*) Sebagai Elemen Smart Packaging”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 29 Juli 2021



  
Yuliana

## ABSTRAK

YULIANA (NIM. G031171015). Pembuatan Indikator Kesegaran Buah Alpukat (*Persea americana Mill*) Dengan Memanfaatkan Ekstrak Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*) Sebagai Elemen *Smart Packaging*. Dibimbing oleh ANDI DIRPAN dan MUSPIRAH DJALAL.

Buah alpukat (*Persea americana Mill*) merupakan salah satu jenis buah yang mudah mengalami kerusakan sehingga menyebabkan umur simpan buah tersebut relatif pendek. Akibat kerusakan tersebut, dilakukan tindakan pencegahan melalui teknologi pengemasan yaitu smart packaging yang dapat memudahkan konsumen memilih buah yang masih segar tanpa harus membuka kemasannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembuatan elemen kemasan cerdas (*smart packaging*) sebagai indikator kesegaran buah alpukat (*Persea americana Mill*) dengan menggunakan ekstrak kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*), perlakuan terbaik dalam pembuatan label indikator kemasan cerdas berdasarkan pH larutan dan lama perendaman serta profil perubahan warna label indikator cerdas pada saat diaplikasikan pada buah alpukat (*Persea americana Mill*). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2020 – Maret 2021. Penelitian ini dilakukan dengan dua tahapan. Tahapan pertama yaitu penelitian pendahuluan: pembuatan ekstraksi kulit buah naga untuk memperoleh larutan yang akan dijadikan indikator alami yang mengandung antosianin serta penentuan pH larutan ekstrak kulit buah naga dan lama perendaman label indikator. Tahapan kedua yaitu penelitian utama: pengaplikasian label indikator kemasan cerdas terhadap buah alpukat dan dilanjutkan dengan pengujian kimia dan organoleptik. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa larutan indikator yang tepat dalam pembuatan label indikator *smart packaging* pada buah alpukat yaitu ekstrak kulit buah naga pH 7 dengan lama perendaman 5 jam. Label Indikator yang telah diterapkan pada kemasan mengalami perubahan warna dari merah keunguan menjadi merah muda yang menandakan buah mengalami perubahan dari muda menjadi matang. Kemudian terjadi perubahan warna menjadi gradasi merah muda dan kuning dengan bercak hitam menandakan buah telah mengalami kerusakan. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu indikator kesegaran buah alpukat dapat dibuat dengan memanfaatkan kulit buah naga sebagai larutan indikator alami serta kertas Whatman No. 1 sebagai bahan penyerap larutan indikator dengan ukuran  $\pm 2 \times 4$  cm. Perlakuan terbaik dalam pembuatan label indikator kemasan cerdas yaitu pH 7 dengan perendaman selama 5 jam. Profil perubahan warna label indikator kesegaran buah alpukat menunjukkan warna merah keunguan menandakan buah alpukat masih muda, warna merah muda menandakan buah matang, warna gradasi merah muda dan kuning dengan bercak hitam menandakan awal mula kerusakan buah, dan semakin banyak bercak hitam menandakan buah telah mengalami kerusakan. Label indikator mendeteksi dengan selang 3 hari untuk tingkat kesegaran buah.

**Kata kunci:** Buah alpukat, kulit buah naga, *smart packaging*.

## **ABSTRACT**

YULIANA (NIM. G031171015). *Making Indicators Of Freshness of Avocado Fruit (*Persea americana Mill*) By Utilizing Dragon Fruit Peel Extract (*Hylocereus polyrhizus*) As A Smart Packaging Element. Supervised by ANDI DIRPAN and MUSPIRAH DJALAL.*

*Avocado (*Persea americana Mill*) is one type of fruit that is easily damaged, causing the fruit's shelf life to be relatively short. As a result of this damage, preventive measures were taken through packaging technology, namely smart packaging which can make it easier for consumers to choose fresh fruit without having to open the packaging. This research aims to knowing the manufacture of smart packaging elements as an indicator of the freshness of avocado (*Persea americana Mill*) using dragon fruit peel extract (*Hylocereus polyrhizus*), the best treatment in making smart packaging indicator labels based on the pH of the solution and soaking time andSmart indicator label color change profile when applied to avocado(*Persea Americana Mills*). This research was conducted in September 2020 – March 2021. This research was conducted in two stages. The first stage is a preliminary study of: making dragon fruit peel extraction to obtain a solution that will be used as a natural indicator containing anthocyanins and determining the pH of the dragon fruit peel extract solution and the duration of soaking the indicator label. The second stage is: the main research on the application of smart packaging indicator labels to avocados and followed by chemical and organoleptic testing. The results obtained indicate that the right indicator solution in making smart packaging indicator labels on avocados is dragon fruit peel extract pH 7 with soaking time.5 hours. The indicator label that has been applied to the packaging changes color from purplish red to pink which indicates the fruit has changed from young to ripe. Then the color changes to pink and yellow gradations with black spots indicating the fruit has been damaged.The conclusion obtained from this research is that the avocado freshness indicator can be made by using dragon fruit peel as a natural indicator solution and Whatman No. paper. 1 as an indicator solution absorbent with a size of  $\pm 2 \times 4$  cm. The best treatment in making smart packaging indicator labels is pH 7 by soaking for 5 hours. The color change profile of the avocado freshness indicator label shows a purplish red color indicating the avocado is still young, pink indicates ripe fruit, pink and yellow gradation colors with black spots indicate the beginning of fruit damage, and more black spots indicate the fruit has been damaged. The indicator label detects with an interval of 3 days for the level of freshness of the fruit.*

**Keywords:** Avocado, dragon fruit skin, smart packaging.

## PERSANTUNAN

Puji syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah merancang struktur dan tatanan alam serta menancapkan neraca keseimbangan didalamnya. RahmatNya yang maha luas terhampar melampaui ufuk timur dan barat. *Alhamdulillahirobbil'alamin* dan sebuah sujud penulis haturkan atas kuasaNya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul "**Pembuatan Indikator Kesegaran Buah Alpukat (*Persea americana Mill*) Dengan Memanfaatkan Ekstrak Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*) Sebagai Elemen Smart Packaging**" sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi guna mendapatkan gelar sarjana pada program strata satu (S1) Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin

Shalawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sang revolusioner sejati yang telah menggulung-gulung tikar kebatilan dan membentangkan sajadah kebenaran, engkaulah kebenaran yang hidup dan suri tauladan yang sempurna, namamu akan terus berkumandang dalam shalawat hingga kuburmu akan terus dicucuri semerbak harum "mawar" surga. Semoga keselamatan tercurah kepadanya, kepada keluarganya, sahabatnya dan hingga kita semua yang masih konsekuensi dengan ajaran yang dibawakan oleh beliau.

Perjalanan panjang telah penulis lalui dalam rangka penyelesaian penelitian ini. Penelitian ini merupakan upaya maksimal dari penulis yang tidak luput dari berbagai kekurangan, karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Teruntuk orang yang sangat berperan penting dalam hidup penulis, ayahanda **Muh. Tang** dan ibunda **Indo Masse**. Kepada mereka segala dedikasi penulis persembahkan. Sumber kekuatan dan motivasi bagi penulis khusunya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah terkait dalam penyusunan tugas akhir ini, diantaranya:

1. **Prof. Dr. Dwia Aries Tina Palubuhu, M.A** selaku Rektor Universitas Hasanuddin dan segenap jajaran Wakil Rektor Universitas Hasanuddin;
2. **Prof. Dr.Agr. Ir. Baharuddin** selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, beserta para wakil dekan **Dr. Ir. Muh. Hatta Jamil, M.Si., Dr.rer.nat. Zainal, S.TP., M. Food Tech.,** dan **Dr. Ir. Novaty Eny Dungga,M.P;**
3. **Andi Dirpan, S.TP., M.Si., PhD** dan **Muspirah Djalal, S.TP., M.Sc** selaku dosen pembimbing, **Dr. Ir. Rindam Latief, MS** dan **Prof. Dr. Ir. Hj. Mulyati M. Tahir, MS** selaku dosen penguji, senantiasa memberikan arahan, bimbingan, dan nasehat sejak rencana penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini selesai.
4. **Prof. Dr. Ir. Hj. Meta Mahendradatta** selaku Ketua Departemen Teknologi Pertanian beserta jajarannya.
5. **Februadi Bastian, STP., M.Si, PH.D** selaku Ketua Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan serta seluruh dosen Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan yang telah membekali pengetahuan serta wawasan yang luas kepada penulis. Setiap ilmu yang diberikan sungguh sangat berharga dan merupakan bekal bagi penulis di masa depan.
6. Kepada teman-teman **Ilmu dan Teknologi Pangan 2017 (Bunsen)** yang senantiasa menjadi teman, sahabat, dan saudara selama penulis berproses di bangku perkuliahan;
7. Kepada teman baik, **Dwi Rahayu** yang telah bersedia meminjamkan laptopnya kepada penulis. Terima kasih sebanyak-banyaknya atas segala bantuannya kepada penulis.
8. Kepada rekan seperjuangan dari awal perkuliahan, **Ani Asram, Fitriani Taufik, Andi Hira,** dan **Rhania Ismaniari Ismail** yang menjadi tempat berbagi canda tawa, keluh

kesah dan sebagai alarm perkuliahan penulis. Terima kasih telah menjadi partner terbaik dalam segala hal dan membaut dunia perkuliahan terasa lebih menyenangkan. *See you on top guys and keep in touch;*

9. Kepada teman-teman penulis yaitu, **Rahmawati**, **Monivia Chandra**, **Lulu Umasangaji**, **Faaizah Faradhilah**, **Stevania Elsa**, **Ristanti Adelia**, **Singgang Dewitara**, dan **Sulfi** tempat berbagi keluh kesah spesialis penelitian. Terima kasih telah membuat masa-masa penelitian terasa menyenangkan. *It's so memorable* ;
10. Kepada sahabat penulis, **Nurhikmah Hamid**, **Fifin Sri Yuniar**, **Rhania Ismaniar Ismail**, **Andi Three Agree Juni Nuhra**, **Nurul Mutmainnah**, dan **Ucirika Sriyani Sultan** yang lain terimakasih sudah menjadi penghibur dikala sedih dan susah;
11. Kepada saudara seperjuangan di tanah rantau, **Muh. Fajri Zahran**, **Muh. Farham**, **Moh. Uzair**, **Refri Hendryani Prida**, **Dwi Indriandini**, **Kardani**, **Nur Da'wa**, **Anugrah Safyuni**, **Andi Husnul Fahimah** dan **NurmalaSari** menjadi keluarga, menemani kala suka maupun duka, menjadi partner belajar dalam segala hal untuk penulis.
12. Kepada teman-teman Demonts, **Erwin**, **Nurul Iman**, dan **Riska Rasyid** terima kasih telah memotivasi dan menjadi penyemangat untuk penulis utamanya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Kepada **Reynaldi Laurenze**, terima kasih telah membantu saya dalam penggerjaan data tugas akhir ini.
14. Kepada teman makan saya, **Nurul Azizah**, dan **Dwi Rahayu** terima kasih selalu ada dan membantu saya ketika stress mengerjakan tugas akhir ini.
15. Kepada kak **Andi Fadiah Ainani**, **Serli**, **Darmawan** dan senior dari Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan yang banyak memberikan contoh, motivasi, dan inspirasi bagi penulis serta adik-adik yang banyak memberikan pelajaran, bantuan, bagi penulis;
16. Beserta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian studi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Entah dengan apa penulis membalias jasa-jasa kalian, untuk saat ini hanya doa yang mampu kudengungkan semoga **Allah SWT** senantiasa menyelimuti kita dengan Rahman dan Rahim-Nya. Terakhir, Penulis persembahkan karya ini dengan sebuah harapan agar dapat bermanfaat bagi perkembangan peradaban umat manusia dan terkhusus untuk perkembangan Ilmu dan Teknologi Pangan. *Aamiin*

Makassar, 29 Juli 2021

Yuliana

## **RIWAYAT HIDUP**



Yuliana lahir di Ulugalung, 16 Desember 1998. Merupakan putri sulung dari pasangan Muhammad Tang dan Indo Masse.

Pendidikan formal yang ditempuh adalah :

1. Sekolah Dasar Negeri 294 Lempa (2005-2011)
2. Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Sengkang (2011-2014)
3. Sekolah Menengah Atas Negeri 7 Wajo (2014-2017)

Pada tahun 2017, penulis diterima di Universitas Hasanuddin melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) tercatat sebagai Mahasiswa Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar. Selama menempuh pendidikan di jenjang S1, penulis cukup aktif baik akademik maupun non akademik. Penulis menjadi asisten praktikum Aplikasi Bioteknologi Pangan (2021). Penulis juga merupakan peserta PKM-SH 2019 yang diselenggarakan oleh Dikti.

Penulis juga aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATEPA) Unhas dan pernah menjabat sebagai Koordinator Keprofesian serta Biro Penelitian dan Pengembangan (2020). Penulis juga mengikuti beberapa komunitas sosial dan pengembangan *soft skill*. Segala yang dilakukan penulis dalam menjalani pendidikan di jenjang S1 ialah untuk mendapat Ridha dari Allah SWT dan bermanfaat bagi masyarakat. Aamiin

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR).....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
PERSANTUNAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1.    Latar Belakang.....	1
1.2.    Rumusan Masalah.....	2
1.3.    Tujuan Penelitian Manfaat Penelitian .....	2
1.4.    Manfaat Penelitian .....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1.    Alpukat ( <i>Persea americana Mill</i> ).....	3
2.2.    Kulit Buah Naga ( <i>Hylocereus polyrhizus</i> ) .....	5
2.3.    Respirasi .....	7
2.4.    Pengemasan .....	8
2.5. <i>Polyetilene (PE)</i> .....	9
2.6.    Kemasan Cerdas ( <i>Smart Packaging</i> ) .....	9
2.7.    Kertas Saring (Whatman No.1) .....	10
3. METODOLOGI PENELITIAN .....	11
3.1.    Waktu dan Tempat Penelitian .....	11
3.2.    Alat dan Bahan .....	11
3.3.    Tahapan Penelitian.....	11
3.3.1.    Penelitian Pendahuluan .....	11
3.3.2.    Desain Penelitian .....	12
3.3.3.    Penelitian Utama .....	12
3.3.4.    Desain Penelitian .....	13
3.3.5.    Rancangan Penelitian.....	13
3.4.    Parameter Pengamatan .....	13
3.4.1.    Pengujian pH (Hidayat <i>et al</i> , 2013) .....	13

3.4.2. Pengujian Total Asam (Retnowati dan Kusnadi, 2014).....	14
3.4.3. Pengujian Vitamin C (Sudarmaji <i>et al.</i> , 1997) .....	14
3.4.4. Pengujian Total Padatan Terlarut ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) (Wahyudi dan Dewi, 2017). ....	14
3.4.5. Tingkat Kekerasan (N) (Prakoso, 2015) .....	15
3.4.6. Pengukuran Indeks Warna Label Indikator (Wulandari, 2012) .....	15
3.4.7. Pengujian Organoleptik (Tawwendah, 2017) .....	16
3.5. Pengolahan Data .....	16
3.6. Diagram Alir.....	17
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>20</b>
4.1. Penelitian Pendahuluan .....	20
4.2. Penelitian Utama.....	21
4.2.1. pH.....	21
4.2.2. Total Asam .....	22
4.2.3. Vitamin C .....	24
4.2.4. Total Padatan Terlarut.....	25
4.2.5. Tingkat Kekerasan .....	26
4.2.6. Perubahan Indeks Warna Label Indikator.....	28
4.2.7. Organoleptik .....	33
<b>5. PENUTUP.....</b>	<b>37</b>
5.1. Kesimpulan.....	37
5.2. Saran.....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>38</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>43</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Buah Alpukat ( <i>Persea americana</i> Mill) .....	3
Gambar 2. Buah Naga ( <i>Hylocereus polyrhizus</i> ) .....	6
Gambar 3. Skema Jalur Katabolik untuk Menghasilkan ATP .....	8
Gambar 4. Prosedur Pembuatan Ekstrak Kulit Buah Naga .....	17
Gambar 5. Pembuatan Label Indikator Cerdas .....	18
Gambar 6. Pengaplikasian Kemasan Cerdas pada Buah Alpukat .....	19
Gambar 7. Perubahan Warna Label Indikator Cerdas Selama Penyimpanan Suhu Ruang ( $28\pm2^{\circ}\text{C}$ ); $A_1 = \text{pH } 7$ ; $A_2 = \text{pH } 9$ ; $A_3 = \text{pH } 11$ .....	20
Gambar 8. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap pH Buah Alpukat .....	22
Gambar 9. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Total Asam Buah Alpukat .....	23
Gambar 10. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Vitamin C Buah Alpukat .....	24
Gambar 11. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Total Padatan Terlarut Buah Alpukat .....	25
Gambar 12. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Tingkat Kekerasan Buah Alpukat .....	27
Gambar 13. Hubungan Lama Penyimpanan dan pH terhadap Warna (Notasi L*) Label Indikator Selama Penyimpanan .....	29
Gambar 14. Hubungan Lama Penyimpanan dan pH terhadap Warna (Notasi a*) Label Indikator Selama Penyimpanan .....	30
Gambar 15. Hubungan Lama Penyimpanan dan pH terhadap Warna (Notasi b*) Label Indikator Selama Penyimpanan .....	31
Gambar 16. Profil Perubahan Warna pada Indikator Kesegaran Buah Alpukat Berdasarkan Nilai $^0\text{Hue}$ .....	32
Gambar 17. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Warna Buah Alpukat .....	34
Gambar 18. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Aroma Buah Alpukat .....	35
Gambar 19. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Tekstur Buah Alpukat .....	36

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Syarat Mutu I dan II Buah Alpukat ( <i>Persea americana Mill</i> ) .....	3
Tabel 2. Kandungan Gizi Buah Alpukat ( <i>Persea americana Mill</i> ) .....	5
Tabel 3. Kandungan Gizi Kulit Buah Naga ( <i>Hylocereus polyrhizus</i> ) .....	6
Tabel 4. Hasil Uji Kualitatif Fitokimia Ekstrak Kulit Buah Naga Merah .....	6

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Prototype</i> Kemasan Cerdas Buah Alpukat .....	43
Lampiran 2. Rataan pH pada Penyimpanan Buah Alpukat .....	43
Lampiran 3. Rataan Total Asam (%) pada Penyimpanan Buah Alpukat .....	43
Lampiran 4. Rataan Vitamin C (%) pada Penyimpanan Buah Alpukat .....	43
Lampiran 5. Rataan Total Padatan Terlarut ( <sup>o</sup> Brix) pada Penyimpanan Buah Alpukat .....	44
Lampiran 6. Rataan Tingkat Kekerasan (N) pada Penyimpanan Buah Alpukat .....	44
Lampiran 7. Rataan Nilai Koordinat Warna (Notasi L*) Label Indikator Selama Penyimpanan .....	44
Lampiran 8. Rataan Nilai Koordinat Warna (Notasi a*) Label Indikator Selama Penyimpanan .....	44
Lampiran 9. Rataan Nilai Koordinat Warna (Notasi b*) Label Indikator Selama Penyimpanan .....	45
Lampiran 10. Rataan Hasil Uji Organoleptik Warna Buah Alpukat .....	45
Lampiran 11. Rataan Hasil Uji Organoleptik Aroma Buah Alpukat .....	45
Lampiran 12. Rataan Hasil Uji Organoleptik Tekstur Buah Alpukat .....	45
Lampiran 13. Rataan Hasil Perhitungan Nilai Hue Label Indikator Buah Alpukat .....	46
Lampiran 14. Tabel Analisa Sidik Ragam (ANOVA) pH pada Penyimpanan Buah Alpukat .....	46
Lampiran 15. Tabel Analisa Sidik Ragam (ANOVA) Total Asam pada Penyimpanan Buah Alpukat .....	47
Lampiran 16. Tabel Analisa Sidik Ragam (ANOVA) Vitamin C pada Penyimpanan Buah Alpukat .....	49
Lampiran 17. Tabel Analisa Sidik Ragam (ANOVA) Total Padatan Terlarut pada Penyimpanan Buah Alpukat .....	50
Lampiran 18. Tabel Analisa Sidik Ragam (ANOVA) Tingkat Kekerasan pada Penyimpanan Buah Alpukat .....	52
Lampiran 19. Tabel Analisa Sidik Ragam Uji-T Nilai Koordinat L* pada Label Indikator Selama Penyimpanan .....	53
Lampiran 20. Tabel Analisa Sidik Ragam Uji-T Nilai Koordinat a* pada Label Indikator Selama Penyimpanan .....	53
Lampiran 21. Tabel Analisa Sidik Ragam Uji-T Nilai Koordinat b* pada Label Indikator Selama Penyimpanan .....	54
Lampiran 22. Formuliar Uji Organoleptik Buah Alpukat .....	54
Lampiran 23. Dokumentasi Kegiatan Selama Penelitian .....	55

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Buah alpukat (*Persea americana* Mill) merupakan salah satu jenis buah yang dapat tumbuh subur di daerah tropis seperti Indonesia. Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Hortikultura (2015), buah alpukat merupakan jenis komoditi yang berbuah sepanjang tahun dengan nilai ekonomis yang cukup tinggi. Hal ini ditunjukkan dari produksi alpukat tahun 2015-2019 berkisar 300,780-325,561 ton. Alpukat termasuk buah klimaterik, yaitu buah yang tingkat kematangannya mengalami peningkatan laju respirasi setelah panen (Marsya, 2016). Alpukat merupakan salah satu buah yang kaya akan antioksidan serta zat gizi lainnya seperti karbohidrat, serat, lemak, protein, vitamin serta kandungan gizi lainnya (USDA, *National Nutrient Database for Standard Reference*, 2011).

Permintaan konsumen terhadap alpukat yang semakin meningkat menimbulkan permasalahan baru dikarenakan buah ini mudah mengalami kerusakan baik secara fisik, kimiawi maupun mikrobiologis, yang ditandai dengan memar, berjamur, daging buah berubah warna menjadi cokelat, lembek berair dan bahkan busuk serta terjadi susut bobot serta penurunan kandungan nutrisi, sehingga menyebabkan umur simpan buah alpukat relatif pendek (Sami, 2017). Selain pengaruh kerusakan tersebut, proses penanganan pascapanen yang kurang memadai juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan agar kesegaran buah tetap terjaga sehingga umur simpannya juga semakin lama (Irawati, 2015).

Metode penanganan pascapanen yang dilakukan untuk meminimalisir kerusakan buah alpukat yaitu dengan menggunakan metode kemasan cerdas atau *smart packaging* (S. I. Hong & Park, 2000). Kemasan cerdas (*smart packaging*) merupakan kemasan yang memiliki indikator yang berfungsi untuk memantau penurunan kualitas selama penyimpanan (Kuswandi, 2012). Penelitian tentang kemasan cerdas telah banyak dilakukan sebelumnya. Tahun 2019, Azrita telah melakukan penelitian tentang rancangan kemasan dengan indikator warna ammonium molibdat dengan kalium permanganat untuk mendeteksi tingkat kematangan buah pada alpukat (Azrita, 2019). Selain itu, tahun 2018, Rahman telah meneliti kemasan cerdas menggunakan indikator alami dari ekstrak kubis merah sebagai elemen kemasan cerdas atau *smart packaging* (Rahman, 2018).

Indikator yang digunakan dalam penentuan kesegaran buah pada metode *smart packaging* dapat bersumber dari pewarna alami seperti kulit buah naga, kubis merah, ubi ungu, bayam, kulit buah naga, dan lain sebagainya. Kulit buah naga merupakan salah satu indikator pewarna alami yang masih jarang dimanfaatkan. Kandungan antosianin yang terdapat pada kulit buah naga berpotensi untuk dijadikan sebagai indikator alami. Kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*) merupakan limbah yang masih sangat jarang dimanfaatkan, seringkali hanya dibuang sebagai sampah. Padahal kulit buah naga mengandung senyawa antosianin yang cukup tinggi yang dapat digunakan sebagai pewarna alami. Antosianin merupakan metabolit sekunder yang tergolong senyawa flavonoid (Talavera, *et al.*, 2004). Selain itu, antosianin dapat larut dalam air serta dapat berupa warna biru, ungu, merah, dan orange (Virifiantari, *et al.*, 2018). Antosianin adalah senyawa yang bersifat amfoter yaitu dapat bereaksi baik dengan asam maupun dengan basa. Dalam media asam, antosianin akan menghasilkan warna merah dan berubah menjadi warna ungu dan biru jika kondisi media

menjadi basa. Perubahan warna tersebut disebabkan oleh kondisi lingkungan, tergantung dari gugus terikat pada struktur dasar dari posisi ikatannya (Man, 1997).

Pengujian *smart packaging* pada alpukat menggunakan ekstrak kulit buah naga sebagai indikator penentu kesegaran buah diharapkan dapat memudahkan konsumen dalam memilih buah dengan tingkat kesegaran terbaik tanpa harus membuka kemasannya. Penelitian ini dirancang dengan menggunakan indikator sederhana, murah serta mudah didapatkan, selain itu dapat diaplikasikan pada buah alpukat sebagai bentuk modifikasi dari penelitian kemasan cerdas sebelumnya oleh Azrita (2019) dan Rahman (2018).

### **1.2. Rumusan Masalah**

Alpukat merupakan buah yang mudah mengalami kerusakan baik secara fisik, kimiawi maupun biologis sehingga umur simpannya relatif rendah. Selain itu, buah alpukat tergolong buah klimaterik, yaitu buah yang mengalami kelonjakan laju respirasi setelah panen, sehingga biasanya konsumen ketika berbelanja buah alpukat perlu teliti untuk mendapatkan buah alpukat yang tingkat kesegarannya tergolong baik. Terkadang tindakan yang dilakukan konsumen semakin memperparah tingkat kerusakan buah alpukat seperti timbul memar akibat ditekan-tekan untuk mengetahui kualitas dari buah alpukat. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian kemasan cerdas (*smart packaging*) menggunakan indikator alami kulit buah naga untuk mengetahui tingkat kesegaran buah tanpa harus melepas kemasannya.

### **1.3. Tujuan Penelitian Manfaat Penelitian**

Tujuan penelitian ini yaitu:

- 1) Untuk mengetahui pembuatan elemen kemasan cerdas (*smart packaging*) sebagai indikator kesegaran buah alpukat (*Persea americana* Mill) dengan menggunakan ekstrak kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*)
- 2) Untuk mengetahui perlakuan terbaik dalam pembuatan label indikator kemasan cerdas berdasarkan pH larutan serta lama perendaman
- 3) Untuk mengetahui profil perubahan warna label indikator cerdas pasca saat diaplikasikan pada buah alpukat (*Persea americana* Mill)

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu diharapkan mampu memberi manfaat kepada konsumen untuk memilih buah alpukat yang memiliki tingkat kesegaran yang baik tanpa harus membuka kemasannya serta dapat meningkatkan eksistensi teknologi pengemasan cerdas serta ramah lingkungan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Alpukat (*Persea americana* Mill)

Buah alpukat (*Persea americana* Mill) merupakan buah yang berasal dari Amerika Tengah serta memiliki berbagai jenis varietas yang ditanam di kawasan tropis dan subtropis, termasuk Indonesia (Budiana, 2013; Chandra, *et al.*, 2013). Alpukat secara umum terdiri dari tiga tipe yaitu, tipe Meksiko (*Persea drymifolia*), tipe Guatemala (*Persea guatemalensis*) dan tipe Indian Barat (*Persea americana*) (Lopez, 2002).



Gambar 1. Buah Alpukat (*Persea americana* Mill)

Buah alpukat tergolong tanaman hutan dikarenakan tingginya yang mencapai 20 meter. Daun tunggal, bertangkai yang panjangnya 1,5-5 cm, letaknya berdesakan di ujung ranting, bentuknya jorong sampai bundar telur memanjang, tebal seper tikulit, ujung dan pangkal runcing, tepi rata kadang-kadang agak menggulung ke atas, bertulang menyirip, panjang 10-20 cm, lebar 3-10 cm, daun muda warnanya kemerahan dan berambut rapat, daun tua warnanya hijau dan gundul (Prihatman 2000; Chandra, 2013). Adapun penggolongan mutu buah alpukat berdasarkan syarat mutunya dapat dilihat pada tabel 1, yaitu:

Tabel 1. Syarat Mutu I dan II Buah Alpukat (*Persea americana* Mill)

Karakteristik	Syarat Mutu	
	I	II
Kesamaan sifat varietas	Seragam	Seragam
Tingkat kematangan	Matang, tidak terlalu masak	Matang, tidak terlalu masak
Bentuk	Normal	Kurang normal
Kekerasan	Keras	Keras
Ukuran	Seragam	Seragam
Kerusakan maks. (%)	5	10
Busuk maks. (%)	1	2
Kotoran	Bebas	Bebas

Sumber: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (2005)

**Keterangan:****1. Kesamaan sifat varietas**

Dinyatakan seragam apabila dalam satu lot buahnya sama dalam hal bentuk, tekstur, warna daging buah, dan warna kulit buah.

**2. Tingkat Ketuaan**

Dinyatakan tua apabila telah mencapai tingkat pertumbuhan yang menjamin dapat tercapainya proses kematangan yang sempurna. Dinyatakan terlalu matang apabila daging buah lunak atau telah berubah warna dan dianggap telah lewat waktunya pemasarannya.

**3. Bentuk**

Dinyatakan normal apabila bentuk normal menurut varietasnya. Dinyatakan kurang normal apabila bentuknya agak menyimpang dari bentuk normal menurut varietasnya, tetapi tidak mempengaruhi kenampakannya.

**4. Kekerasan**

Dinyatakan keras apabila buah terasa cukup keras saat ditekan sedikit dengan jari tangan (tidak lunak), meskipun kulit sedikit lemas tetapi tidak keriput.

**5. Ukuran**

Dinyatakan seragam apabila dalam satu lot berukuran seragam menurut golongan ukurannya berdasarkan berat perbuah yang telah ditentukan, dengan toleransi maksimum 5%. Dinyatakan kurang seragam apabila dalam satu lot berukuran tidak seragam menurut golongan ukurannya berdasarkan berat buah yang telah ditentukan, dengan toleransi maksimum 10%.

**6. Kotoran**

Dinyatakan bebas bersih apabila bebas dari kotoran atau benda asing lainnya seperti tanah, bahan tanaman, dan lain-lain yang menempel pada buah atau kemasan yang dapat mempengaruhi kenampakannya. Bahan penyekat (pembungkus) tidak dianggap sebagai kotoran.

**7. Kerusakan**

Dinyatakan rusak apabila mengalami kerusakan biologis, fisiologis, mekanis, dan sebab-sebab lain yang mengenai 10% atau lebih dari permukaan buah.

**8. Pembusukan**

Dinyatakan busuk apabila mengalami kerusakan atau cacat seperti daging buah tidak dapat dipergunakan.

Buah alpukat tergolong buah klimaterik, yaitu buah yang mengalami kelonjakan laju respirasi dan produksi etilen setelah panen. Proses pemanenan buah alpukat sebaiknya dilakukan pada saat buah mendekati *ripe* (matang). Ciri-cirinya ditandai dengan warna kulit hijau tua, bila buah diketuk dengan punggung kuku menimbulkan bunyi yang nyaring, dan bila buah digoyang-goyang akan terdengar goncangan biji (Marsya, 2016). Adapun kandungan gizi buah alpukat yang dibutuhkan oleh tubuh yang dapat dilihat pada tabel 2, yaitu :

Tabel 2. Kandungan Gizi Buah Alpukat (*Persea americana Mill*)

<b>Komponen</b>	<b>Kadar</b>
Energi (Kalori)	85-233 kal
Air	67,49-84,30 mg
Protein	0,27-1,7 g
Lemak	6,5-25,18 g
Karbohidrat	5,56-8 g
Vitamin A	0,13 – 0,51 IU
Vitamin B <sub>1</sub>	0,025 – 0,12 mg
Vitamin B <sub>2</sub>	0,13 – 0,23 mg
Vitamin B <sub>3</sub>	0,79 – 2,16 mg
Vitamin B <sub>6</sub>	0,45 mg
Vitamin C	2,3 – 7 mg
Vitamin D	0,01 IU
Vitamin E	3 mg
Vitamin K	0,008 mg
Kalsium (Ca)	10 mg
Zat Besi (Fe)	0,90 mg
Fosfor (P)	20 mg

Sumber: (Kali, 1997; Chandra, 2013)

Buah alpukat merupakan buah yang sangat bergizi dikarenakan kandungan didalamnya yang beragam seperti lemak, protein, mineral, vitamin dan lain sebagainya, sehingga sangat baik bila dikonsumsi dikarenakan dapat mencegah beberapa penyakit seperti, tekanan darah tinggi, penyakit jantung, dan beberapa jenis kanker. Kandungan lemak tak jenuh yang terdapat pada alpukat mampu meningkatkan kadar lemak sehat didalam tubuh dikarenakan kandungan *oleic acid* yang mampu mengontrol diabetes dan mengurangi kadar kolesterol (Chandra, 2013).

## 2.2. Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

Buah naga atau *Dragon Fruit* merupakan salah satu jenis buah yang dikembangkan di Indonesia. Buah ini terdiri dari empat jenis yaitu buah naga putih (*Hylocereus polyrhizus*), buah naga daging merah (*Hylocereus polyrhizus*), buah naga daging super merah (*Hylocereus costaricensis*), dan buah naga kuning daging putih (*Selenicerius megalanthus*). Buah naga tergolong buah batu yang berdaging dan berair dengan bentuk bulat sedikit memanjang ataupun bulat sedikit lonjong. Kulit buah naga terdiri dari berbagai warna yaitu merah menyala, merah gelap, dan kuning, tergantung dari jenis buah naga itu sendiri (Usmandoyo, 2017).



Gambar 2. Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

Buah naga merupakan salah satu jenis buah yang memiliki khasiat dan manfaat serta nilai gizi yang cukup tinggi. Bagian dari buah naga yaitu 30-35% merupakan kulit buah yang seringkali dibuang sebagai limbah. Kulit buah naga mengandung zat warna alami yaitu antosianin (Rahmawati dan Handayani, 2012). Kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*) memiliki kandungan gizi yang beragam. Adapun kandungan gizi dalam kulit buah naga dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan Gizi Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

<b>Kandungan Gizi (%)</b>	<b>Nilai</b>
Protein	$3,2 \pm 0,2$
Lemak	$0,7 \pm 0,2$
Karbohidrat	$72,1 \pm 0,2$
Kadar Air	$4,9 \pm 0,2$
Kadar Abu	$1,93 \pm 0,2$

Sumber: Susanto dan Saneto, 1994)

Berdasarkan penelitian Li Chen Wu (2005), kulit buah naga mempunyai aktivitas antioksidan yang lebih baik dibanding dengan ekstrak daging buahnya. Hal ini dikarenakan kandungan fenolik pada kulit buah lebih tinggi. Berikut merupakan hasil kualitatif fitokimia ekstrak kulit buah naga merah dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Kualitatif Fitokimia Ekstrak Kulit Buah Naga Merah

<b>Senyawa Fitokimia</b>	<b>Hasil</b>
Fenol Hidrokuinon	++
Flavonoid	++
Triterpenoid	++
Steroid	++
Saponin	++
Tanin	+
Alkaloid	-

Sumber: Manihuruk., F. M, 2016)

Keterangan: +/- menyatakan keberadaan kandungan senyawa dalam hasil ekstrak

Penggunaan antosianin pada kulit buah naga berfungsi untuk menggantikan penggunaan pewarna sintetik yang dapat menimbulkan bahaya ketika kontak langsung dengan bahan pangan (Rahayu, *et al.*, 2015). Kulit buah naga dapat digunakan sebagai indikator asam-basa berdasarkan pigmen warna yang dimiliki yaitu pigmen merah muda yang diperoleh melalui proses maserasi. Pigmen tersebut dapat mengalami perubahan warna sesuai kondisi lingkungan (Rahmawati dan Handayani, 2012).

### **2.3. Respirasi**

Respirasi merupakan proses pengambilan oksigen dari udara bebas. Proses respirasi bertujuan untuk memperoleh energi berupa ATP dengan cara membongkar zat makanan sumber energi. Reaksi yang terjadi pada proses respirasi adalah reaksi reduksi-oksidasi (redoks). Proses yang terjadi yaitu substrat dioksidasi menjadi  $\text{CO}_2$  sedangkan  $\text{O}_2$  yang diserap sebagai oksidator mengalami reduksi menjadi  $\text{H}_2\text{O}$ . Faktor-faktor yang mempengaruhi respirasi yaitu substrat, suhu, oksigen, umur dan goresan. Ketersediaan substrat terutama karbohidrat sangat penting bagi proses respirasi. Kandungan karbohidrat yang tinggi pada buah menyebabkan laju respirasi semakin cepat. Suhu yang terlalu rendah dan terlalu tinggi dapat memperlambat respirasi. Semakin tinggi kandungan oksigen maka respirasi semakin cepat. Goresan yang terdapat pada buah dapat mempercepat laju respirasi karena semakin banyak osmosis dan difusi oksigen yang masuk (Novitasari, 2017). Buah klimakterik merupakan buah yang setelah dipanen mengalami lonjakan respirasi dan etilen. Jumlah etilen yang besar pada buah klimakterik dapat mempercepat stimulasi respirasi. Contoh buah klimakterik adalah pisang, mangga, tomat dan lain-lain. Buah non klimakterik merupakan buah yang tidak mengalami peningkatan respirasi dan etilen setelah panen. Respirasi yang tidak meningkat dan jumlah etilen yang sedikit menyebabkan buah tidak dapat mengalami pematangan setelah dipanen. Contoh buah non klimakterik adalah jeruk, nenas, ketimun dan lain-lain (Fransiska, 2013).

Proses respirasi pada buah dan sayuran masih tetap berlangsung setelah panen. Sel tanaman menggunakan energi yang telah dihasilkan dan digunakan untuk mempertahankan protoplasma, membrane protoplasma, dan dinding sel. Dalam proses respirasi, umumnya glukosa akan diubah menjadi berbagai senyawa yang lebih sederhana dan disertai dengan pembebasan energi. Persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

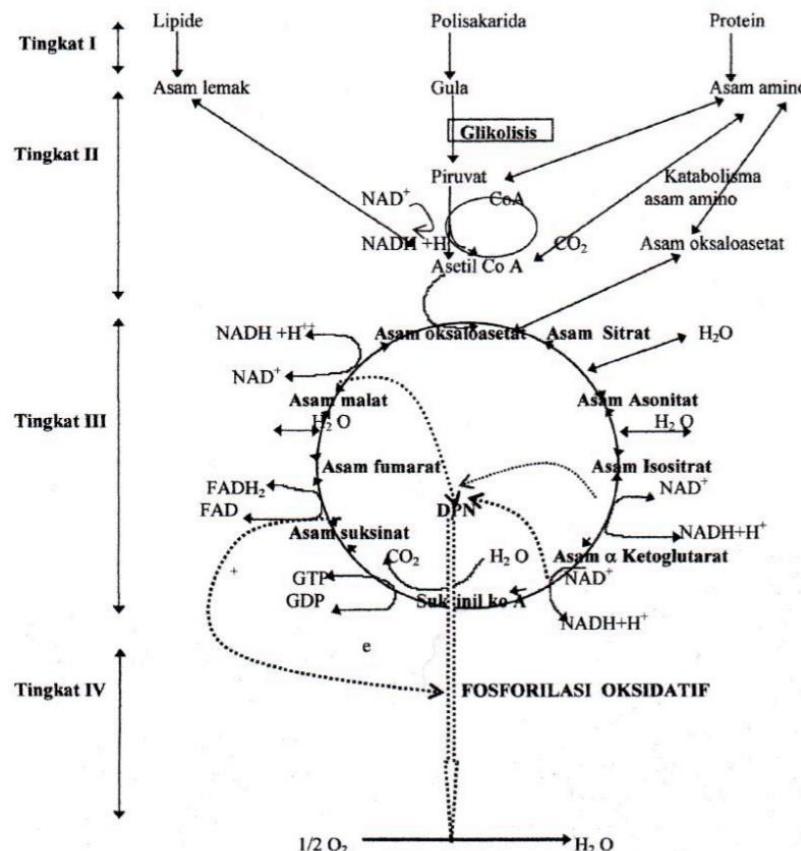


Adapun proses respirasi pada jalur pemecahan senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana dengan terjadinya pelepasan energy dapat melalui 4 tingkat sebagai berikut:

1. Pada tingkat pertama, molekul besar dipecah menjadi molekul yang lebih sederhana. Polisakarida dipecah menjadi gula sederhana seperti glukosa, protein menjadi asam amino dan lemak menjadi asam lemak. Pada tingkat ini, tidak terbentuk energi.
2. Pada tingkat kedua, molekul yang sederhana (kecil) tersebut dipecah lebih lanjut menjadi molekul-molekul yang lebih kecil lagi. Gula, asam lemak, gliserol, dan beberapa asam amino dirubah menjadi asam piruvat dan asetil CoA.
3. Reaksi tingkat ketiga merupakan jalur yang disebut siklus Krebs (TCA atau *Tricarboxyl Acid*). Pada tingkat ini senyawa-senyawa intermedier yang dihasilkan akan teroksidasi

menjadi  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan energi. Empat electron ditransfer ke  $\text{NAD}^+$  (*Nicotinamide Adenine Dinucleotide*) dan  $\text{FAD}$  (*Flavine Adenine Dinucleotide*) untuk setiap gugus asetil yang dioksidasi dengan disertai sedikit pembebasan energi.

4. Tingkat terakhir merupakan reaksi transport elektron dan fosforilasi oksidatif. Pada transport, electron yang diikat oleh  $\text{NADH}_2$  dan  $\text{FADH}_2$  ditransfer ke oksigen disertai dengan pembebasan sejumlah energy. Energi ini digunakan untuk memacu pembentukan ATP dengan proses fosforilasi oksidatif. Untuk jelasnya, keempat tingkat proses tersebut terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Skema Jalur Katabolik untuk Menghasilkan ATP

#### 2.4. Pengemasan

Proses penyimpanan bahan pangan dilakukan pada suatu wadah berupa kemasan dengan tujuan untuk memperpanjang umur simpan bahan pangan serta terhindar dari berbagai kontaminan. Seiring perkembangan zaman, teknologi pengemasan mengalami perkembangan yang cukup signifikan dikarenakan temuan kemasan baru yang inovatif, informatif serta ramah lingkungan. Penggunaan kemasan yang inovatif merupakan salah satu strategi pemasaran agar produk terlihat lebih menarik untuk meningkatkan daya minat konsumen terhadap produk tersebut (Sucipta, et al., 2017).

Penerapan teknologi kemasan pada bahan pangan memerlukan banyak pertimbangan seperti kemasan harus memiliki sifat perlindungan yang optimal untuk melindungi produk dari kerusakan akibat cahaya, oksigen, kelembapan, serta mikroorganisme perusak lainnya.

Disisi lain, perkembangan teknologi pengemasan menyebabkan kemasan tidak hanya dituntut untuk memenuhi fungsi dasar kemasan sebagai wadah, perlindungan, pengawetan, serta kemudahan dalam penggunaannya. Namun saat ini, kemasan dituntut untuk ramah lingkungan serta memiliki kemampuan *smart packaging* yang dapat memberikan informasi terkait kondisi produk yang dikemas (Mukhtar dan Nurif., 2015; Sucipta, *et al.*, 2017).

Penggunaan kemasan pada produk berbeda antara satu dengan yang lainnya. Terdapat produk yang dikemas dalam bentuk plastik, botol, kaleng, *tetrapack*, *corrugated box*, *styrofoam* dan lain sebagainya mengikuti bentuk dari produk tersebut (Sucipta, *et al.*, 2017). Bahan pangan biasanya dikemas menggunakan kemasan plastik seperti *polietilen* (PE) dan *polypropylene* (PP). Hal ini dikarenakan, kemasan tersebut memiliki tingkat kerapatan yang tinggi, berwarna bening tahan terhadap suhu dan kelembapan, serta memiliki daya serap air yang rendah sehingga mampu melindungi produk (Furqon, *et al.*, 2016).

## **2.5. Polyetilene (PE)**

*Polyethilene* merupakan salah satu jenis polimer dengan rantai linear sangat panjang. Tersusun atas unit-unit terkecil (mer) yang berasal dari monomer molekul etilen serta monomer etena yang berikatan satu sama lain. Polietilen adalah polimer termoplastik yang dibuat melalui proses polimerisasi adisi gas etilen (Sulchan dan Endang, 2007). *Polyethilene* adalah bahan termoplastik yang transparan, berwarna putih, titik leleh 110-137°C. Selain itu, *polyethylene* tahan terhadap zat kimia (Billmeyer, 1994; Rahmawati, 2015).

Berdasarkan massa jenisnya, *polyethylene* terbagi dua yaitu *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *High Density Polyethylene* (HDPE). LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 g/mL, separuhnya berupa kristalin 50-60% dan memiliki titik leleh 115°C, sedangkan HDPE massa jenisnya lebih besar yaitu 0,95-0,97 g/mL, dan berbentuk kristalin (kristalinitasnya 90%) serta memiliki titik leleh di atas 127°C (beberapa macam sekitar 135°C). Kelebihan LDPE dibanding HDPE yaitu harga relatif murah, bersifat fleksibel, serta mudah didaur ulang (Lola, 2015). Namun, kelebihan plastik HDPE yaitu memiliki densitas plastik yang tinggi sehingga berpengaruh terhadap proses respirasi. Hal ini dikarenakan pengemasan dengan plastik ini mampu menghambat jumlah O<sub>2</sub> selama pengemasan sehingga akan berdampak terhadap penghambatan respirasi dan degradasi pigmen pada buah (Johansyah, *et al.*, 2014).

## **2.6. Kemasan Cerdas (*Smart Packaging*)**

Kemasan cerdas (*smart packaging*) merupakan suatu inovasi teknologi pengemasan yang berfungsi memantau kondisi produk bahan pangan atau memberikan informasi tentang kualitas produk bahan pangan tersebut selama proses distribusi hingga penyimpanan. *Smart packaging* erat kaitannya dengan intergrasi teknologi sensor untuk menentukan kualitas dan keamanan pangan, seperti mendekripsi terjadinya perubahan kualitas serta kontaminasi mikroba (Kuswandi, *et al.*, 2011).

Rancangan *smart packaging* meliputi dua faktor yaitu *time temperature integrators* (TTI) dan *Food Quality Indikators* (FQI). Indikator TTI menunjukkan perubahan yang tidak dapat diubah secara fisik seperti warna, bentuk yang erat kaitannya dengan perubahan suhu sedangkan FQI menjamin kualitas tetap terjaga (Kuswandi *et al.*, 2011; Waldingga, 2009).

## 2.7. Kertas Saring (Whatman No.1)

Kertas saring adalah kertas semi-permeabel yang memiliki ukuran pori yang bervariasi dari ukuran pori yang sangat kecil hingga besar untuk membantu proses penyaringan. Kertas saring biasanya terbuat dari turunan selulosa sehingga memungkinkan larutan dari pH 0-12 serta suhu larutan sampai 120°C. Tiap jenis kertas saring Whatman mempunyai kelebihan masing-masing, biasanya berhubungan dengan ketebalan kertas dan kecepatan menyaring. Kecepatan menyaring ini berkaitan dengan retensi atau daya tahan kertas terhadap zat padat. Kertas saring dengan kecepatan menyaring yang cepat hanya dapat menahan partikel-partikel kasar sedangkan kertas saring dengan kecepatan menyaring yang lambat dapat menahan partikel-partikel halus. Contoh kertas saring Whatman yang sering digunakan yaitu Whatman No.1, No. 40 dan No.42 (Pinalia, 2011).

Kertas saring Whatman No.1 merupakan salah satu jenis kertas saring yang memiliki ukuran pori yang standard sehingga sering digunakan pada berbagai penelitian. Kertas ini memiliki ukuran pori-pori 0,45 µm. Salah satu kelebihan kertas ini yaitu mampu menyerap larutan dengan cepat (Wiastuti *et al*, 2016). Selain itu salah satu kelebihan kertas Whatman No. 1 dibandingkan kertas Whatman ukuran lainnya seperti No. 40 dan No. 42 yaitu kertas ini memiliki membran asetat yang berfungsi untuk menyerap larutan lebih cepat serta kertas Whatman No. 1 dapat digunakan dalam teknik analisis kualitatif dalam menentukan suatu bahan yang digunakan. Kelebihan kertas Whatman No. 1 dibandingkan No. 40 dan No. 42 yaitu kertas Whatman No. 1 memiliki ukuran pori yang relatif tidak homogen dan ukuran besar dibandingkan partikel yang lolos pada kertas saring Whatman No. 40 dan No. 42 dikarenakan memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dan homogen (Meliana, 2008).