

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi, Karakteristik, dan Komposisi Apel Malang (*Malus sylvestris*)

Apel merupakan tanaman buah tahunan yang berasal dari daerah Asia Barat dengan iklim sub tropis. Apel tumbuh di dataran tinggi pada ketinggian 700-1200 m dpl dengan iklim yang kering dan curah hujan ideal. Selain itu, apel membutuhkan intensitas cahaya matahari 50-60% dengan suhu 16-27°C dan kelembapan 75-85% (Yulianti dkk., 2007). Menurut Simpson (2006) kedudukan taksonomi tanaman apel adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Rosales
Famili	: Rosaceae
Genus	: <i>Malus</i>
Spesies	: <i>Malus sylvestris</i> Mill.

Menurut Soelarso (1997) secara morfologis susunan tumbuhan apel memiliki batang yang berkayu, keras, dan kuat berwarna cokelat kekuningan. Daun apel berbentuk bulat telur dan bergerigi pada bagian tepi dengan bulu-bulu halus pada permukaan bawah daun. Pohon apel membentuk akar tunggang dengan bunga yang berwarna putih sampai merah jambu pada ketiak daun, masing-masing memiliki 5 helai mahkota bunga. Biji apel berbentuk panjang atau bulat dengan ujung meruncing.

Spesies *Malus sylvestris* Mill. memiliki beberapa macam varietas dengan ciri dan kekhasan masing-masing, diantaranya apel *Rome Beauty*, apel manalagi, dan apel *Princess Noble*. Salah satunya varietas yang dikembangkan di Indonesia

adalah apel *Rome Beauty*. Apel *Rome Beauty* lebih dikenal oleh masyarakat dengan sebutan apel Malang (Yuliatni dkk., 2007).

Jenis *Rome Beauty* adalah kultivar yang paling banyak dibudidaya, kurang lebih sekitar 70% total populasi apel di Malang, Jawa Timur. Apel *Rome Beauty* umumnya dipanen 2 kali dalam setahun yakni pada musim hujan serta musim kemarau. Akan tetapi, produksi buah apel di musim penghujan lebih sedikit karena air hujan dapat menggagalkan penyerbukan hingga menggugurkan bunga (Suhardjo dkk., 1990).

Apel *Rome Beauty* memiliki karakteristik seperti pada Gambar 1 yakni dengan diameter 5-12 cm, berat 75-300 gram, berbentuk bulat dengan pucuk buah berlekuk agak dalam. Kulit buah apel Malang berwarna hijau kemerahan agak berpori, tebal dan kasar dengan daging buah berwarna putih kekuningan. Aroma dari apel Malang tidak terlalu tajam, rasanya segar tidak terlalu manis maupun asam (Yulianti dkk., 2007).



Gambar 1. Penampakan Apel Malang (Sumber : Hardiman, 2005).

Keterangan : Buah apel Malang matang memiliki kulit berwarna hijau kemerahan dan daging berwarna putih kekuningan.

Menurut Suwanto (2010) buah apel merupakan salah satu buah yang memiliki banyak khasiat bagi kesehatan tubuh. Apel mengandung vitamin A, vitamin B1, vitamin B2, vitamin B3, vitamin B5, vitamin B6, vitamin B9, dan

vitamin C. Buah apel mengandung berbagai mineral seperti kalsium, magnesium, potasium, dan zat besi.

Zat fitokimia yakni antioksidan yang dapat melawan radikal bebas serta menekan kolesterol jahat juga terdapat di dalam buah apel seperti quersetin, epikatekin, prosianidin B2, asam klorogenat, dan floretin. Adanya zat *quercetin* dalam apel juga turut meningkatkan kadar antioksidan karena dalam strukturnya terdapat O-hidroksi dalam cincin B yang akan meningkatkan kestabilan bentuk radikal bebas sehingga mencegah tubuh terserang berbagai penyakit. Salah satunya adalah penyakit kanker, dengan adanya antioksidan proliferasi sel-sel kanker dapat dihambat (Lee dkk., 2003). Secara utuh kandungan nutrisi tiap 100 gram buah apel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Buah Apel Malang/100 gram

Komposisi	Jumlah
Energi (kalori)	58,00
Karbohidrat (g)	14,90
Lemak (g)	0,40
Protein (g)	0,30
Kalsium (mg)	6,00
pH	3,60
Kadar air (%)	86,65
Total Padatan Terlarut (°Brix)	15,30
Fosfor (mg)	10,00
Besi (mg)	0,30
Vitamin B1 (mg)	0,04
Vitamin C (mg)	11,42

Sumber : Sa'adah dan Estiasih (2015)

Selain itu, kandungan asam tartarat dalam apel dipercaya dapat menyehatkan saluran pencernaan yakni dengan membunuh bakteri jahat dalam saluran pencernaan, sehingga apel banyak dikonsumsi masyarakat tidak hanya karena rasanya yang segar, namun ditambah juga dengan manfaat yang dimiliki

oleh buah apel. Pada umumnya apel sering dikonsumsi sebagai buah potong atau melalui pengolahan minimal yakni melibatkan proses pencucian, pengupasan, dan pengirisan tanpa menghilangkan tingkat kesegaran serta nilai gizi buah apel itu sendiri. Buah potong dikatakan ideal apabila memiliki penampilan, kualitas sensorik, rasa, dan kualitas gizi yang baik (Perera, 2007).

Pengolahan minimal pada buah seperti pengupasan, pengirisan maupun pemotongan memiliki efek negatif terhadap kualitas buah secara keseluruhan, yakni menurunkan penerimaan konsumen, peningkatan kerusakan secara fisiologis, perubahan biokimia, dan peningkatan jumlah mikrobia. Hal ini dikarenakan pada proses pengolahan minimal menghilangkan lapisan alami yang berfungsi sebagai pelindung pada buah. Selain itu, jaringan dan sel-sel pada buah mengalami kerusakan, sehingga menghasilkan produk intraseluler seperti fitokimia serta beberapa enzim (Rodriguez dkk., 2014).

Menurut Rodriguez dkk. (2014) hal penting seperti peran enzim selama proses pemasakan dan mekanisme pemasakan perlu diperhatikan, karena dapat memengaruhi kualitas dan masa simpan dari buah potong. Proses pemasakan buah membutuhkan energi dalam jumlah banyak dan memperluas integritas membran dalam proses katabolik maupun anabolik. Selain itu, perubahan struktur dan komposisi dinding sel yakni pektin yang terdapat di sela-sela selulosa dan hemiselulosa berdampak pada kekerasan, metabolisme gula maupun asam, biosintesis karotenoid serta warna. Beberapa faktor lain menurut Rodriguez dkk. (2014) yang berdampak pada kualitas dan penampilan buah potong diantaranya seperti berikut :

1. Produksi etilen

Tingkat kematangan buah dan tipe buah berpengaruh terhadap produksi etilen, terutama tipe buah klimaterik yaitu buah yang mengalami lonjakan respirasi setelah dipanen sehingga dapat meningkatkan produksi etilen setelah proses pelukaan jaringan buah. Suhu penyimpanan turut berpengaruh terhadap produksi etilen. Suhu 0-25°C merupakan suhu ideal untuk buah potong dalam mencegah peningkatan produksi etilen.

2. Respirasi

Respirasi distimulasi oleh peningkatan produksi etilen akibat proses pemotongan sehingga meningkatkan proses pemasakan buah dan kerusakan jaringan. Penampakan buah potong juga berpengaruh terhadap peningkatan laju respirasi dan menyebabkan penurunan jumlah karbohidrat yang ada pada buah, karena digunakan sebagai substrat. Hal ini berdampak secara langsung terhadap masa simpan dari buah potong.

3. Perubahan warna

Buah olah minimal menginduksi reaksi metabolik seperti laju respirasi dan produksi etilen yang berdampak pada perubahan warna, tekstur, dan peningkatan pemasakan. Pencoklatan (*browning*) dan perubahan warna merupakan hal yang paling berdampak pada penampakan visual buah potong sehingga menghilangkan warna alami pada jaringan buah.

4. Kontaminasi mikrobial

Buah potong mengandung sari buah dan kaya akan nutrisi yang dapat meningkatkan pertumbuhan mikrobial. Tidak adanya lapisan pelindung yakni

kulit pada buah potong menyebabkan berkembangnya bakteri patogen pada jaringan buah dan penurunan kadar air.

Martin dan Soliva (2010) menambahkan komposisi pada buah turut menentukan tipe kerusakan yang terjadi selama penyimpanan. Bahan pangan yang kaya akan gula seperti buah memicu pertumbuhan bakteri asam laktat dan produksi etanol sehingga menyebabkan perubahan pada aroma buah. Hal tersebut dapat terjadi ketika total mikrobia melebihi 8 log CFU/g. Selain itu, degradasi tekstur disebabkan oleh adanya aktivitas mikrobia seperti *Erwinia* dan *Pseudomonas* yang memproduksi enzim pektinolitik pada lamela tengah dan dinding sel primer. Menurut ICMSF (*International Commission on Microbiological Specifications for Foods*, 1996) total mikrobia yang ada buah potong yang baik maksimal 5 log CFU/g, hingga mencapai angka toleransi total mikrobia yaitu 6 log CFU/g dan baik sebelum mencapai angka 7 log CFU/g.

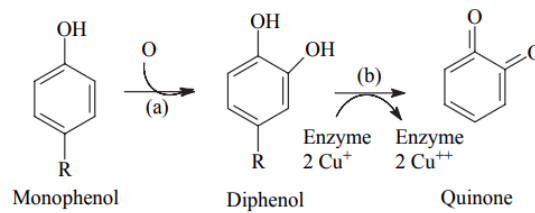
Menurut Rodriguez dkk. (2014), beberapa dampak yang timbul dapat diminimalisir dengan penambahan substansi alami yang dapat mencegah penurunan kualitas sensoris seperti tekstur, rasa, aroma, warna dan penampakan dari buah potong. Substansi alami tersebut dapat berupa antimikrobia sebagai asam organik alami dan minyak esensial dari tanaman. Selain itu, perlakuan seperti pencelupan buah potong dalam larutan *edible coating* dapat mengurangi kontaminasi mikrobia serta diimbangi dengan penyimpanan atau pengemasan yang sesuai dengan standar untuk buah potong.

B. Definisi, Jenis, Faktor Penyebab dan Penghambatan Reaksi Pencoklatan (*Browning*)

Menurut Winarno (1997) pencoklatan atau *browning* adalah kerusakan fisiologis pada buah atau sayuran akibat proses olah minimal seperti pemotongan, pengupasan, dan pengirisan sehingga menurunkan kualitas sensoris serta penerimaan konsumen. Hal ini terjadi karena sel-sel pada permukaan buah atau sayur mengalami kerusakan, sehingga enzim akan berinteraksi dengan substrat dalam bahan pangan. Reaksi pencoklatan sendiri dibagi menjadi 2 jenis yaitu pencoklatan enzimatis dan non-enzimatis.

Pencoklatan enzimatis merupakan reaksi pencoklatan yang disebabkan oleh adanya kontak antara jaringan yang luka pada buah atau sayur dengan udara. Salah satunya adalah buah apel, yakni buah yang tergolong mudah mengalami pencoklatan enzimatis terutama setelah pengolahan minimal seperti pengirisan atau pemotongan. Hal tersebut dapat terjadi karena kandungan senyawa fenol pada buah apel ketika bereaksi dengan enzim polifenol oksidase diinduksi oleh oksigen akan mengalami reaksi pencoklatan (Winarno, 1997).

Enzim Polifenol Oksidase (PPO) turut terlibat pada reaksi pencoklatan enzimatis pada buah maupun sayuran dan memiliki sifat sangat mudah terdekomposisi pada suhu ruang (27°C). Enzim PPO merupakan enzim golongan oksidoreduktase sebagai katalisator pada proses pembentukan kuinon dan aktif pada pH 3 hingga 7. Substrat enzim PPO pada buah maupun sayuran umumnya adalah asam amino tirosin dan komponen polifenolik seperti katekin, asam kafeat, katekol, serta asam klorogenat (Purwanto dan Effendi, 2016).



Gambar 2. Reaksi Pencoklatan Enzimatis oleh Enzim PPO
(Sumber : Queiroz dkk., 2008).

Keterangan : Reaksi (a) hidrosilasi *monophenol* menjadi *diphenol*, (b) oksidasi *diphenol* menjadi *quinone* dikatalis oleh enzim PPO.

Enzim PPO akan bereaksi ketika jaringan pada buah atau sayuran mengalami luka, sehingga komponen fenolik yang terdapat pada sel vakuola akan bersatu dengan enzim PPO di dalam sitoplasma dan mempercepat terjadinya pencoklatan enzimatis (He dan Luo, 2007). Selain itu, dalam enzim PPO terdapat dua atom Cu seperti pada Gambar 2 yang dapat mengkatalis pengikatan molekul oksigen membentuk gugus hidroksil cincin aromatik dan proses oksidasi diphenol menjadi kuinon (Queiroz dkk., 2008). Senyawa kuinon akan mengalami reaksi polimerisasi menghasilkan pigmen melanin berwarna coklat. Hal tersebut merupakan salah satu masalah yang dihindari pada produk pangan segar karena dapat menurunkan masa simpan hingga berdampak pada berkurangnya kualitas produk seperti rasa, aroma, dan tekstur (Mardiah, 2011).

Disamping itu, pencoklatan non-enzimatis terbagi lagi menjadi tiga yaitu karamelisasi, reaksi *Maillard*, dan oksidasi vitamin C. Karamelisasi merupakan reaksi pencoklatan yang terjadi karena pemanasan pada suhu tinggi yakni lebih dari 170°C. Reaksi *Maillard* adalah reaksi pencoklatan disebabkan oleh adanya reaksi senyawa karbonil dari pemecahan karbohidrat maupun lemak dengan senyawa amino dalam produk pangan. Oksidasi vitamin C merupakan reaksi

pencoklatan yang terjadi karena oksidasi asam askorbat dalam produk sehingga menghasilkan senyawa furfural dan karbondioksida (Setyaningsih, 2010).

Faktor lain yang turut memengaruhi reaksi pencoklatan enzimatis diantaranya kandungan senyawa fenolik, oksigen, pH, aktivitas enzim polifenol oksidase, dan suhu (Perera, 2007). Beberapa cara untuk mengurangi reaksi pencoklatan yakni perendaman dalam larutan sulfit, asam sitrat, asam askorbat, dan garam. Hal ini bertujuan untuk mengurangi reaksi antara enzim polifenolase, oksigen, serta senyawa polifenol yang terlibat dalam reaksi pencoklatan. Selain itu, penggunaan antioksidan dalam pencelupan buah dan sayur setelah pemotongan maupun pengupasan turut menghambat reaksi pencoklatan (Purwanto dan Effendi, 2016).

C. Definisi, Fungsi, dan Metode Aplikasi *Edible Coating*

Edible coating telah banyak diaplikasikan pada produk buah potong untuk mengurangi efek buruk yang timbul setelah pemotongan, pengupasan, ataupun pengirisan dan memperpanjang masa simpan serta mempertahankan mutu bahan. *Edible coating* merupakan lapisan tipis terbuat dari bahan yang dapat dikonsumsi untuk melapisi suatu bahan pangan dengan mengontrol perpindahan kelembaban, pertukaran gas, maupun reaksi oksidasi (Dhall, 2013). *Edible coating* yang bersifat selektif *permeable* terhadap gas dapat mengurangi pertukaran gas O_2 dan CO_2 , dengan menurunkan konsentrasi gas O_2 serta meningkatkan konsentrasi gas CO_2 . Sebaliknya, *edible coating* yang bersifat *impermeable* dapat menginduksi reaksi anaerob dan berdampak pada menurunnya kualitas produk yakni aroma (Rodriguez dkk., 2014).

Kriteria bahan dasar *edible coating* diantaranya mampu menjaga permeabilitas oksigen dan uap air, tidak berwarna, tidak memengaruhi rasa produk, aman dikonsumsi serta tidak mengubah sifat dari produk (Ernawati, 2016). Komponen utama penyusun *edible coating* diantaranya hidrokoloid, lipid, maupun komposit atau campuran keduanya. Hidrokoloid umumnya menggunakan protein dan polisakarida, sedangkan lipid menggunakan asam lemak (Krochta dkk., 1994). Disamping itu, komponen yang seringkali digunakan sebagai bahan dasar *edible coating* yaitu kitosan, pati, selulosa, alginat, karagenan, dan asam lemak (Rodriguez dkk., 2014).

Beberapa bahan aktif ditambahkan ke dalam matriks polimer *edible coating*, sehingga dapat meningkatkan nilai gizi dan sensorik bahan pangan. Bahan aktif yang digunakan sebagai tambahan dalam *edible coating* yaitu antioksidan, antimikrobia, perasa, dan probiotik. Penambahan bahan aktif tersebut berfungsi untuk memperpanjang masa simpan dan mengurangi resiko adanya bakteri patogen yang tumbuh pada permukaan bahan pangan (Rodriguez dkk., 2014).

Menurut Embuscado dan Huber (2009) *edible coating* umumnya diaplikasikan dengan tiga cara yaitu pencelupan, pengolesan, dan penyemprotan :

1. Pencelupan (*Dipping*)

Pencelupan merupakan metode yang umumnya digunakan untuk melapisi bahan pangan dengan bentuk tidak seragam. Akan tetapi, hasil akhir dari metode tersebut tidak melapisi keseluruhan bahan pangan sehingga diperlukan pencelupan beberapa kali.

2. Pengolesan (*Brushing*)

Pengolesan merupakan metode dengan cara melapisi permukaan bahan pangan menggunakan kuas. Pada dasarnya teknik aplikasi dengan pengolesan hampir sama dengan metode pencelupan.

3. Penyemprotan (*Spraying*)

Penyemprotan merupakan metode yang digunakan untuk melapisi bahan pangan secara keseluruhan. Akan tetapi, perlu dilakukan pembalikan permukaan bahan pangan, sehingga dapat terlapisi oleh *coating* secara keseluruhan. Metode penyemprotan dapat digunakan untuk melapisi bahan pangan yang memiliki permukaan luas.

D. Deskripsi, Komposisi Kimia, dan Karakteristik Lidah Buaya Sebagai *Edible Coating*

Lidah buaya merupakan tumbuhan yang tergolong dalam suku Liliaceae. Lidah buaya dapat tumbuh pada daerah kering maupun di daerah beriklim dingin. Lidah buaya dapat dipanen setiap kali produksi 6-8 minggu dengan mengambil 3-4 daun. Karakteristik tanaman lidah buaya pada Gambar 3 yaitu memiliki batang pendek, daun bersap-sap melingkar, panjang daun 40-90 cm, lebar 6-13 cm. Menurut Furnawanthi (2002) kedudukan taksonomi tanaman lidah buaya adalah seperti berikut :

Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Monocotyledoneae
Ordo	: Liliflorae
Famili	: Liliaceae
Genus	: <i>Aloe</i>
Spesies	: <i>Aloe vera</i>



Gambar 3. Penampakan Tanaman Lidah Buaya (*Aloe vera*)
(Sumber : Wahjono dan Koesnandar, 2002).

Keterangan : Daun lidah buaya yang siap dipanen dengan tebal 2-3 cm, panjang $\pm$ 50 cm, dan berwarna hijau.

Lidah buaya tersusun atas *yellow latex* dan gel (*mucilage*). Komponen dari *yellow latex* yaitu aloin, aloe-emodin dan fenol, sedangkan komponen utama gel lidah buaya adalah polisakarida (Athmaselvi dkk., 2013). Komponen dari gel (*mucilage*) diantaranya residu dari D-galaktosa, D-xylosa, L-arabinosa, dan D-asam galakturonat (Rojas dkk., 2009). Gel (*mucilage*) pada lidah buaya memiliki karakteristik tidak berasa, tidak berwarna, dan tidak beraroma (Misir dkk., 2014).

Beberapa senyawa yang terkandung dalam lidah buaya memiliki efektivitas berbeda-beda. Saponin mempunyai efek untuk membunuh kuman, antrakuinon dan kuinon sebagai antibiotik, serta aloin berfungsi sebagai obat pencahar. Senyawa bioaktif antifungi dalam lidah buaya juga dapat mencegah pertumbuhan jamur seperti *Penicillium digitatum*, *Penicillium expansum*, *Bortrytis cinerea*, *Alternaria alternate*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium herbarum*, dan *Fusarium moniliforme* (Mousa dkk., 1999). Selain itu, senyawa antarakuinon pada gel lidah buaya berperan sebagai antimikrobia yang melawan

pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* melalui penghambatan sintesis protein sehingga bakteri tersebut tidak dapat tumbuh. (Misir dkk., 2014).

Komponen polisakarida yang terdapat pada gel (*mucilage*) lidah buaya merupakan bagian dari serat pangan yang memiliki kemampuan untuk menyerap sejumlah besar air dan membentuk konsistensi larutan dengan viskositas seperti agar-agar (Rojas dkk., 2009). Polisakarida berperan sebagai *barrier* alami untuk menjaga kelembaban sehingga dapat menghambat kerusakan suatu bahan pangan (Athmaselvi dkk., 2013). Selain itu, gel lidah buaya mampu membentuk suatu lapisan pelindung dari oksigen dan kelembaban udara, serta menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang menyebabkan penurunan kualitas bahan pangan. *Edible coating* berbasis gel lidah buaya telah terbukti dapat mencegah kehilangan air, menjaga tekstur, mengontrol laju respirasi, dan menghambat pencoklatan pada buah potong (Misir dkk., 2014).

Menurut Misir dkk. (2014) beberapa dampak yang timbul dari penggunaan gel lidah buaya sebagai *edible coating* terhadap karakteristik fisikokimia buah yaitu :

1. Kadar Air

Gel lidah buaya dapat mengontrol kehilangan air pada buah. Hal ini dikarenakan gel lidah buaya bersifat higroskopik sehingga dapat membentuk suatu *barrier* antara buah dengan lingkungan sekitar. Komponen polisakarida yang terkandung pada gel lidah buaya meningkatkan efektivitas sebagai *barrier* terhadap kehilangan air tanpa perlu adanya penambahan lipid.

2. Total Padatan Terlarut dan Vitamin C

Buah yang dilapisi dengan gel lidah buaya tidak menunjukkan adanya peningkatan total padatan terlarut yang besar. Akan tetapi, buah yang dilapisi dengan gel lidah buaya memiliki kandungan vitamin C lebih tinggi dibandingkan dengan buah tanpa pelapisan. Hal ini dikarenakan gel lidah buaya bersifat impermeabel terhadap oksigen sehingga dapat mempertahankan kandungan vitamin C dalam buah.

3. Total Bakteri

Gel lidah buaya dapat mengurangi proliferasi mikrobia pada buah dan efektif dalam mengontrol pertumbuhan mikrobia walaupun tanpa adanya penambahan senyawa antimikrobia. Saponin yang terkandung dalam gel lidah buaya dapat menurunkan tegangan permukaan dinding sel bakteri dan mengganggu stabilitas membran sel bakteri sehingga menyebabkan sitoplasma lisis hingga kerusakan pada sel.

4. Warna

Buah dengan pelapisan gel lidah buaya dapat memperlambat laju respirasi etilen sehingga menghambat pematangan, degradasi warna, dan sintesis karotenoid. Hal tersebut, berdampak pula terhadap penghambatan perubahan warna pada buah.

5. Tekstur

Buah dengan pelapisan gel lidah buaya dapat menghambat proses pemasakan dan pelunakan jaringan buah, sehingga tekstur pada buah tetap

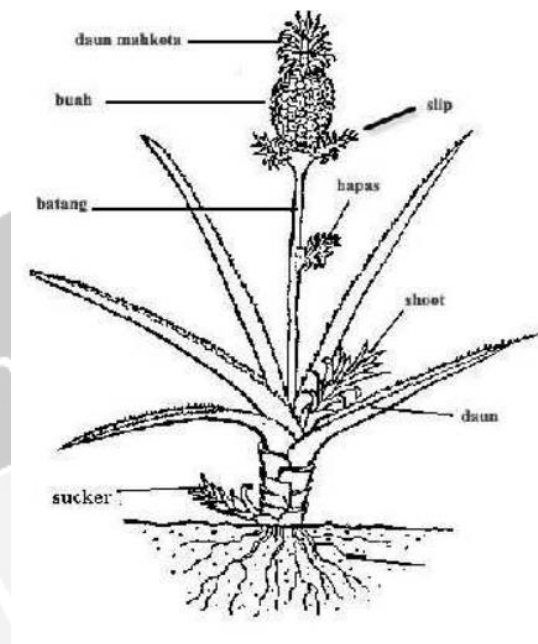
terjaga. Hal ini, dikarenakan gel lidah buaya dapat mengurangi aktivitas enzim α -galaktosidase, poligalakturonase, dan pektinmetil-esterase.

E. Deskripsi, Komposisi Kimia, dan Karakteristik Kulit Nanas

Tanaman nanas berbentuk semak dan bersifat tahunan. Nanas banyak ditemukan di daerah dataran rendah maupun dataran tinggi. Nanas dapat tumbuh subur di tempat terbuka dan tempat yang ternaungi pohon besar. Nanas tergolong dalam tanaman monokotil dan bersifat merumpun. Buah nanas dipanen pada bulan Desember, Januari, dan Juli (Sunarjono, 2008). Menurut Rukmana (1996) kedudukan taksonomi tanaman nanas adalah seperti berikut :

Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Angiospermae
Ordo	: Farinosae
Famili	: Bromeliaceae
Genus	: Ananas
Spesies	: <i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.

Susunan tubuh tanaman nanas seperti pada Gambar 4 terdiri dari akar, batang, daun, bunga, dan tunas. Sistem perakaran nanas yakni berserabut serta sebagian tumbuh di dalam tanah dan sebagian menyebar di permukaan tanah. Batang nanas beruas-ruas pendek berbentuk mirip gada dan berfungsi sebagai tempat melekat daun, bunga, tunas, serta buah. Daun nanas memiliki karakteristik dengan bagian tepi yang berduri dan terdapat guratan warna merah kecoklatan pada bagian permukaan atas daun. Bunga nanas muncul pada ujung tanaman dan bersifat *partenocarp*i yakni tanpa melalui penyerbukan silang (Rukmana, 1996).



Gambar 4. Penampakan Tanaman Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.)
(Sumber : Rukmana, 1996).

Keterangan : Tanaman nanas terdiri dari akar, batang, daun, tunas, dan buah.

Buah nanas dipanen sekitar 5-6 bulan setelah berbunga, berbentuk silinder, terdapat mahkota pada bagian atas buah, serta memiliki kulit yang keras dan kasar. Buah nanas banyak dimanfaatkan dalam industri pengolahan pangan maupun minuman. Seiring meningkatnya produksi buah nanas semakin tinggi pula limbah yang dihasilkan. Salah satunya adalah limbah berupa kulit nanas. Setiap produksi 1000 kg buah nanas dapat menghasilkan 850 kg limbah kulit nanas dan perasan daging buah (Ginting dkk., 2007).

Kulit nanas mengandung 81,72% air, 20,87% serat kasar, 17,53% karbohidrat, 4,41% protein, 0,02% lemak, 0,48% abu, 1,66% serat basah, dan 13,65% gula reduksi (Ginting dkk., 2007). Kulit nanas juga mengandung beberapa senyawa seperti flavonoid, alkaloid, tannin dan steroid. Flavonoid pada kulit nanas berperan sebagai antibakteri yakni dengan menghambat sintesis asam

nukleat, fungsi membran sel, dan metabolisme energi. Ekstrak dari kulit nanas memiliki kemampuan untuk menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* (Setiawan, 2015).

Menurut Sarkar dkk. (2017) kandungan enzim bromelain pada kulit nanas juga tergolong tinggi yakni 94,88 U/ml. Stabilitas enzim bromelain bergantung pada beberapa faktor seperti pH, suhu, dan waktu. Enzim bromelain stabil pada pH 3-6,5 dan suhu 40-65°C. Bromelain juga berperan sebagai agen anti-browning terhadap aktivitas enzim Polifenol Oksidase (PPO).

Selain itu, kulit nanas mengandung pektin dengan kadar metoksil tinggi. Pektin bermetoksil tinggi apabila nilai kadar metoksil sama dengan atau lebih dari 7%. Kadar metoksil pada kulit nanas sebesar 27,1%. Kadar metoksil pada pektin berperan penting dalam menentukan struktur dan tekstur gel pektin. Ekstraksi yang terlalu lama akan memengaruhi hasil dari pektin menjadi tidak jernih, gel yang diperoleh keruh dan kekuatannya berkurang (Antika dan Kurniawati, 2017).

Kulit nanas juga berpotensi sebagai antioksidan alami. Agen antioksidan yang terdapat dalam kulit nanas adalah asam klorogenat dan asam ferulat (Saraswaty dkk., 2016). Asam ferulat banyak ditemukan dalam dinding sel tanaman. Selain itu, kulit nanas juga mengandung sumber karbon serta nitrogen untuk pertumbuhan sel dan produksi hidrogen. Sumber karbon pada kulit nanas umumnya digunakan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* untuk memproduksi selulosa (Upadhyay dkk., 2010).

F. Definisi, Karakteristik, dan Fungsi *Plasticizer*

Plasticizer merupakan bahan organik dengan berat molekul rendah berfungsi untuk meningkatkan elastisitas, ketahanan, dan fleksibilitas film pada suhu rendah (Baldwin dkk., 2012). Prinsip *plasticizer* yaitu berinteraksi dengan rantai polimer membuat ruang antarrantai polimer semakin lebar sehingga dapat bergerak lebih bebas (Sperling, 2006). Penambahan *plasticizer* juga dipercaya dapat meningkatkan permeabilitas *edible coating* (Embuscado dan Huber, 2009).

Terdapat dua tipe *plasticizer* yakni internal dan eksternal. *Plasticizer* internal memodifikasi rantai protein melalui penambahan kelompok substituen dengan ikatan kovalen. *Plasticizer* internal bersifat permeabel terhadap rantai protein sehingga dapat meningkatkan fleksibilitas dan volume bebas. Sebaliknya, *plasticizer* eksternal bersifat melarutkan rantai protein dalam larutan *coating*, menurunkan perubahan suhu protein, dan meningkatkan volume bebas (Embuscado dan Huber, 2009).

Beberapa *plasticizer* yang umumnya digunakan dalam *edible coating* diantaranya, gliserol, propilen glikol, polipropilen glikol, sorbitol, dan sukrosa. Efektivitas *plasticizer* dilihat dari ukuran, bentuk, dan kompatibilitasnya dengan matriks protein. Selain itu, juga dipengaruhi oleh mikrostruktur dan komponen kimia alami dalam *plasticizer*. *Plasticizer* yang paling efektif dan efisien adalah gliserol (Embuscado dan Huber, 2009).

Karakteristik gliserol yakni tidak berwarna, tidak berbau, berasa manis, berbentuk cairan kental seperti sirup, memiliki titik leleh pada suhu 17,8°C dan titik didih 290°C, serta larut dalam air maupun etanol. Gliserol tergolong

hidrofilik sehingga dapat menambah sifat polar bahan *coating* (Huri dan Nisa, 2014). Selain itu, gliserol dapat meningkatkan ketebalan *coating* sehingga semakin banyak pula air yang terikat. Hal ini disebabkan karena gliserol memiliki sifat larut dalam air, mengikat air, dan menurunkan (a_w) kadar air bebas (Winarno, 1997).

Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* dalam jumlah yang tepat dapat memperbaiki tekstur *coating* karena memiliki potensi untuk melenturkan matriks protein. Bentuk cair dari gliserol memudahkan dalam homogenisasi larutan *coating*. Selain itu, *plasticizer* gliserol dapat menurunkan ikatan hidrogen internal dan meningkatkan jarak intermolekul yang berdampak pada peningkatan permeabilitas *coating* (Ningsih, 2015).

G. Hipotesis

1. *Edible coating* berbasis gel lidah buaya dan ekstrak kulit nanas memberikan perbedaan pengaruh terhadap kandungan nutrisi, kualitas sensoris, dan total mikrobial apel Malang potong selama masa simpan.
2. Konsentrasi optimal ekstrak kulit nanas untuk mencegah *browning* dan menghasilkan *edible coating* yang dapat mempertahankan kualitas apel Malang potong selama masa simpan adalah 25%.