

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Buah Apel Rome Beauty (*Malus Sylvestris* Mill.)

Apel dalam ilmu botani disebut *Malus sylvestris* Mill. Apel merupakan tanaman buah tahunan yang berasal dari daerah Asia Barat dengan iklim sub tropis. Di Indonesia apel telah ditanam sejak tahun 1934 hingga saat ini. Tanaman apel mulai berkembang setelah tahun 1960, terutama jenis Rome Beauty. Dari spesies *Malus sylvestris* Mill ini, terdapat bermacam-macam kultivar yang memiliki ciri-ciri atau kekhasan tersendiri. Beberapa kultivar apel unggulan antara lain: Rome beauty, Manalagi, Anna, Princess Noble dan Wangli/Lali jiwo jenis tanaman.

Menurut sistematika, tanaman apel termasuk dalam:

Divisio : Spermatophyta
Subdivisio : Angiospermae
Klas : Dicotyledonae
Ordo : Rosales
Famili : Rosaceae
Genus : Malus
Spesies : *Malus sylvestris* Mill

Beberapa kultivar apel unggulan antara lain: Rome Beauty, Manalagi, Anna, Princess Noble dan Wangli/Lali jiwo (Soelarso, 1996).

Buah apel didaerah Malang memiliki 2 jenis varian, yaitu Apel *Rome Beauty* dan Apel Manalagi. Apel *Rome Beauty*, jenis ini sudah begitu memasyarakat di Indonesia, termasuk jenis dari apel Malang. Buahnya berwarna hijau merah. Warna merah ini hanya terdapat pada bagian yang terkena sinar matahari, sedangkan warna hijau terdapat pada bagian yang tidak terkena sinar matahari.

Kulitnya berpori kasar dan agak tebal. Ukuran buahnya dapat mencapai 300 g. Daging buah berwarna kekuningan dan bertekstur agak keras. Rasanya segar, manis-asam. Bentuk buah bulat hingga jorong. Sebuah pohon dalam setiap musimnya mampu berbuah sebanyak 15 kg. Pohonnya sendiri tidak terlalu besar, hanya 2-4 m. Sedangkan apel Manalagi memiliki karakteristik kulit yang berwarna kuning kehijauan, rasa manis dan aroma kuat, serta warna daging putih kekuningan. Menurut Sunarjono (2006), pada umumnya tanaman apel dapat dipanen pada umur 4-5 bulan setelah bunga mekar, tergantung pada varietas dan iklim. Menurut Untung (1994), semakin tinggi tempat tumbuhnya, semakin lama waktu panen buah apel. Rome Beauty dapat dipetik pada umur sekitar 120-141 hari dari bunga mekar, Manalagi dapat dipanen pada umur 114 hari setelah bunga mekar dan Anna sekitar 100 hari (Kusumo, 1986). Pemanenan paling baik dilakukan pada saat tanaman mencapai tingkat masak fisiologis (ripening), yaitu tingkat dimana buah mempunyai kemampuan untuk menjadi masak normal setelah dipanen. Ciri masak fisiologis buah adalah ukuran buah terlihat maksimal, aroma mulai terasa, warna buah tampak cerah segar dan bila ditekan terasa kres (Kusumo, 1986).

Buah apel mengandung karbohidrat dalam jumlah yang cukup. Buah apel banyak mengandung mineral yang berguna bagi kesehatan manusia. Kandungan protein dan lemak relatif sedikit. Komponen terbesar buah apel adalah air. Menurut Susanto dan Saneto (1994), dari segi komposisi kimianya, buah apel mempunyai nilai gizi yang cukup tinggi. Buah apel juga mengandung karoten, karoten memiliki aktivitas sebagai vitamin A dan juga antioksidan yang berguna untuk menangkal serangan radikal bebas penyebab berbagai penyakit degeneratif. tannin juga

berfungsi mencegah infeksi saluran kencing dan menurunkan risiko penyakit jantung. Khasiat tersebut didasarkan pada tingginya kadar zat gizi yang terdapat dalam buah apel, terutama vitamin dan mineral. Berikut ini beberapa kandungan gizi yang terdapat dalam 100 gram buah apel. Apel mengandung banyak vitamin C dan B, selain itu apel kerap menjadi pilihan para pelaku diet sebagai makanan substitusi karena kandungan gizinya. 6 Kandungan zat-zat gizi dalam 100 gram buah apel, berikut ini komposisi kimia buah apel seperti pada tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Kimiawi Buah Apel (tiap 100 gram buah)

Komponen	Jumlah
Air (g)	84,10
Kalori (Kal)	58,00
Protein (g)	0,30
Lemak (g)	0,40
Karbohidrat (g)	14,9
Kalsium (mg)	6,00
Fosfor (mg)	10,00
Besi (mg)	0,30
Natrium (mg)	1,00
Potassium (mg)	110,00
Vitamin A (IU)	90,00
Vitamin B1 (mg)	0,04
Vitamin B2 (mg)	0,02
Niacin (mg)	0,10
Vitamin C (mg)	5,00
Bagian yang dapat dimakan (%)	88,00

Sumber : Susanto dan Suneto (1994)

Apel termasuk buah yang dapat mengalami reaksi pencoklatan enzimatis apabila mengalami kerusakan berupa memar ataupun pengirisan dan pemotongan (Winarno, 1997). Hal ini disebabkan di dalam apel terkandung senyawa fenol yang apabila berinteraksi dengan enzim polifenol oksidase dengan bantuan oksigen akan

mengalami pencoklatan (*browning*). Senyawa fenol yang terkandung pada apel meliputi asam klorogenat, katekol, katekin, asam kafeat, 3,4-dihidroksifenilalanin (DOPA), p-kresol, 4-metil katekol, leukosianidin, dan flavonol glikosida (Marshall *et al.*, 2000). Pencoklatan pada buah apel ini tergolong pada pencoklatan enzimatis, hal ini dikarenakan buah apel banyak mengandung substrat senyawa fenolik. Senyawa fenolik akan bertindak sebagai substrat dalam proses pencoklatan enzimatis pada buah apel. Di samping katekin dan turunannya seperti tirosin, asam kafeat, asam klorogenat, serta leukoantosianin dapat menjadi substrat proses pencoklatan (Cheng, 2005). Kandungan fenol pada buah apel dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain adalah varietas, kematangan, musim panen, proses pengolahan, wilayah tempat menanam dari buah apel itu sendiri. Kandungan fenol dapat melawan beberapa patogen jamur seperti *Venturia sp.*, *Gloeosporium sp.*, *Sclerotiniafructigena*, dan *Botrytis cinerea*. Kandungan fenol dapat ditemukan pada pada bagian epidermis, biji, parenchyma tetapi sebagian besar akan ditemukan pada parenchyma (sebesar 64.9%). Kandungan total senyawa fenolat pada sebagian jenis apel antara 1000-6000 mg/kg setiap berat segar, tetapi ada beberapa varietas tertentu ditemukan kandungan fenolat yang mencapai 10.000 mg/kg (Shahidi & Marian, 2004).

B. Pengolahan Minimal (*Minimal Processing*)

Pengolahan minimal (*minimal processing*) produk hortikultura merupakan usaha penyiapan dan penanganan produk untuk mempertahankan kesegaran alaminya dan lebih mudah digunakan oleh konsumen. Tujuan utama proses minimum produk hortikultura adalah mempertahankan kesegaran produk tanpa

menurunkan mutu gizi dan menjamin umur simpan produk memadai untuk areal konsumen tertentu. Konsumsi buah Apel di Indonesia pada tahun 2010 mencapai 1,94 sampai 2,10 kg/kapita dan diperkirakan pada tahun 2015 sampai 2018 konsumsi buah Apel akan meningkat hingga mencapai 2,80 sampai 3,14 kg/kapita/tahun (Kementrian Negara dan Riset, 2012). Meningkatnya kebutuhan buah dalam bentuk pengolahan minimal pada produk hortikultura disebabkan kebutuhan masyarakat akan produk buah dan sayuran yang segar lebih mudah untuk digunakan maupun dikonsumsi. Perubahan gaya hidup yang serba cepat tersebut menuntut untuk praktis dan mudah dalam tersedianya pangan.

Produk buah dan sayuran yang diolah minimal masih dapat digolongkan sebagai suatu produk segar, yang kesegarannya diharapkan harus dapat dipertahankan hingga saatnya siap dikonsumsi. Ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan penting dalam memproduksi buah dan sayuran olahan minimalis, yakni mempertahankan mutu khususnya kesegaran serta aspek sensorik lainnya, mempertahankan nilai gizi, mencegah pembusukan oleh mikrobia serta penjaminan keamanan bila dikonsumsi (Pardede, 2009). Menurut Burn (1995), buah dan sayuran segar terolah minimal lebih menawarkan jaminan mutu dibandingkan dengan buah dan sayuran segar dengan kondisi utuh tertutup kulit, karena pada buah dan sayuran segar terolah minimal konsumen dapat secara langsung melihat kondisi bagian dalam. Huxsoll dan Bolin (1989) dalam Laurila dan Ahvenainen (2002), menyatakan bahwa pengolahan minimal buah dan sayur mentah mempunyai dua tujuan yaitu: 1. Mempertahankan produk tetap segar tanpa kehilangan kualitas nutrisi. 2. Memastikan bahwa umur simpan produk cukup untuk membuat distribusi layak dilakukan dalam wilayah konsumsi.

Kondisi ideal buah potong segar berkaitan dengan penampilan umum produk, kualitas sensorik, rasa dan kualitas gizi (Jennylynd *and* Tipvanna, 2010). Konsumen menilai kualitas dari buah potong segar bergantung pada penampilan produk, kekerasan, kualitas sensorik (aroma, rasa dan tekstur), kualitas nutrisi dan yang terakhir keamanan dikonsumsi (mikrobiologi) (Jennylynd *and* Tipvanna, 2010). Produk buah potong segar tidak hanya harus terlihat segar, tetapi harus memiliki sensorik sifat aroma, rasa, tekstur dan daya tarik visual terkait serta aman, sehat dan bergizi dengan produk yang terlihat *freshly*. Jadi hanya produk segar berkualitas baik harus digunakan sebagai bahan awal dalam pengolahan buah potong segar (Jennylynd *and* Tipvanna, 2010).

Proses buah potong segar mengalami luka pada komoditas, maka berdampak pada sifat fisiologis, perubahan biokimia dan kontaminasi mikroba. Pengolahan buah potong segar mengakibatkan perlukaan pada jaringan buah seperti pada proses pemotongan. Hal tersebut dapat meningkatkan produksi etilen, merangsang respirasi dan metabolisme fenolik. (Jennylynd *and* Tipvanna, 2010). Fenilalanin (asam amino) merupakan prekursor hampir semua komponen fenolik, reaksi pembentukan komponen fenolik dengan prekursor fenilalanin disebut juga metabolisme fenilpropanoid. Metabolisme tersebut diinduksi oleh fenilalanin ammonia liase (PAL) yang terdapat dalam jaringan vaskular dan mengeliminasi ammonia dari fenilalanin menghasilkan trans-sianamat (Murdijati dan Yuliana, 2014).

Komponen fenolik tersebut berperan dalam pembentukan warna coklat yang disebabkan oksidasi komponen fenolik oleh polifenol oksidase (PPO) dan

menghasilkan o-quinon yang selanjutnya mengalami polimerisasi menghasilkan pigmen coklat yang tidak larut dalam air (Murdijati dan Yuliana, 2014). Pada buah dan sayuran yang utuh substrat yang terdiri atas senyawa-senyawa fenol terpisah dari enzim polifenol oksidase sehingga tidak terjadi reaksi pencoklatan. Ketika sel pecah akibat pengirisan atau pemotongan, substrat dan enzim akan bertemu pada keadaan aerob sehingga terjadi reaksi pencoklatan enzimatik (Ernawati, 2012).

Hasil penelitian Latifah (2009) menunjukkan bahwa umur simpan produk apel potong segar untuk suhu 28°C hanya 40 jam atau \pm 2 hari karena lewat jam tersebut produk sudah mengalami kerusakan, yakni ditumbuhi kapang dan berlendir serta teksturnya menjadi lunak. Kerusakan oleh jamur merupakan bentuk kerusakan yang merugikan, bahkan kadang-kadang berbahaya bagi kesehatan manusia. Adanya kerusakan oleh jamur dapat diketahui secara visual karena tumbuhnya spora dan miselium. Hasil pertanian yang banyak mengandung pati, pektin dan selulosa mudah dirusak oleh jamur. Timbulnya masalah dari kerusakan apel ini, sehingga dilakukan penanganan pengolahan minimal.

Perlakuan pada produk potong segar seperti pengupasan dan pemotongan dapat menyebabkan perubahan kimia yang selanjutnya menyebabkan kerusakan mutu. Perubahan tersebut meliputi peningkatan respirasi, perubahan warna (*browning*), *flavor*, pembentukan metabolit sekunder, dan peningkatan pertumbuhan mikroba (Baldwin, 2007). Perlakuan tambahan dapat diberikan untuk mengatasi masalah akibat pengolahan minimal yang bertujuan mempertahankan kualitas dan memperpanjang masa simpan, di antaranya adalah (i) penggunaan bahan tambahan pangan (BTP), dan (ii) penggunaan pelapis edibel. Penggunaan

BTP seperti asam askorbat untuk buah mangga, tri sodium phosphate atau Nalginat untuk melon terbukti dapat memperpanjang masa simpan. Pelapis edibel dapat digunakan sebagai pengemas primer yang dapat dimakan dan berfungsi untuk mengawetkan dan mempertahankan kesegaran serta kualitas produk (Hasbullah, 2006), Perlakuan yang dilakukan untuk mendapatkan penghambatan yang lebih efektif. Penggunaan zat penghambat sebaiknya tidak mempengaruhi tekstur, rasa, dan aroma produk akhir (Catur, 2016).

Buah dan sayur yang terolah minimal (*fresh-cut*), penyimpanan pada produk pengolahan minimal yaitu dengan penyimpanan dingin ataupun *cooler storage* yang umum dilakukan pada makanan siap konsumsi untuk menekan laju degradasi senyawa enzimatik yang mengakibatkan pelunakan jaringan serta reaksi pencoklatan pada buah dan sayuran. Menurut penelitian Khoirul M. (2015), Penyimpanan buah belimbing pada suhu 10°C dan RH 90-95% secara signifikan juga dapat memperpanjang umur simpan pasca panen. Menurut Ryall dan Lipton (1982) penyimpanan dingin adalah sebagai proses pengawetan bahan dengan cara pendinginan pada suhu di atas suhu bekunya. Secara umum pendinginan dilakukan pada suhu 2,2-15,5 °C tergantung kepada masing-masing bahan yang disimpannya. Pendinginan dapat memperlambat kecepatan reaksi-reaksi metabolisme, dimana pada umumnya setiap penurunan suhu 10°C, kecepatan reaksi akan berkurang menjadi kira-kira setengahnya. Oleh karena itu penyimpanan dapat memperpanjang masa hidup jaringan-jaringan dalam bahan pangan, karena keaktifan respirasi menurun (Winarno, 1986).

C. Kerusakan Pascapanen

Kerusakan buah dan sayur telah dimulai sejak buah dan sayur tersebut dipanen. Penyebab utama kerusakan buah dan sayur adalah (1) pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme; (2) Aktivitas enzim dalam buah dan sayur; (3) suhu baik suhu tinggi maupun suhu rendah; (4) udara khususnya oksigen; (5) kadar air dan kekeringan; (6) cahaya; dan (7) serangga, parasit serta pengerat. Setelah dipanen buah dan sayur tetap melakukan fisiologis sehingga dapat disebut sebagai jaringan yang masih hidup. Adanya aktifitas fisiologis menyebabkan buah dan sayur akan terus mengalami perubahan yang tidak dapat dihentikan, hanya dapat diperlambat sampai batas tertentu.

Apel merupakan buah yang peka terhadap kerusakan, oleh karenanya penanganan pascapanen harus dilakukan dengan baik dan benar. Apel termasuk buah yang dapat mengalami reaksi pencoklatan enzimatis apabila mengalami kerusakan berupa memar ataupun pengirisan dan pemotongan (Winarno, 1997). Hal tersebut disebabkan oleh senyawa fenol yang terkandung dalam apel berinteraksi dengan enzim polifenol oksidase dengan bantuan oksigen sehingga buah akan mengalami pencoklatan (*browning*). Pencoklatan enzimatis adalah salah satu penyebab terbesar hilangnya kualitas pada buah-buahan dan sayur-sayuran. Pencokelatan secara enzimatik dipicu oleh reaksi oksidasi yang dikatalisis oleh enzim fenol oksidase. Enzim tersebut dapat mengkatalisis reaksi oksidasi senyawa fenol yang menyebabkan perubahan warna menjadi cokelat. Reaksi kecokelatan enzimatis tidak diinginkan karena pembentukan warna cokelat pada buah atau sayur sering diartikan sebagai penurunan mutu (Kusnandar 2010). Enzim yang

menyebabkan reaksi pencokelatan enzimatis adalah oksidase yang disebut fenolase, fenoloksidase, tirosinase, polifenolase, atau katekolase. Dalam tanaman, enzim ini lebih sering dikenal dengan polifenol oksidase (PPO).

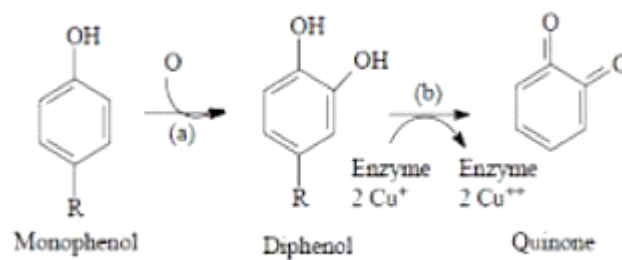
Substrat untuk PPO dalam tanaman biasanya asam amino tirosin dan komponen polifenolik seperti katekin, asam kafeat, pirokatekol/katekol dan asam klorogenat (Garcia dan Barret 2002). Cara untuk mengurangi pencokelatan dapat dilakukan dengan perendaman larutan sulfit, asam askorbat, asam sitrat, dan garam. Perendaman tersebut bertujuan untuk mengurangi reaksi antara enzim polifenolase, oksigen, dan senyawa polifenol yang bertanggung jawab dalam reaksi pencokelatan enzimatis (Syamsir et al. 2011).

D. Enzim PPO dan Reaksi pencokelatan

Buah dan sayur mempunyai fungsi kesehatan bagi manusia karena kandungan serat, vitamin dan senyawa antioksidan. Namun seiring dengan perubahan yang terjadi selama panen, penyimpanan, maupun proses minimal, senyawa antioksidan pada khususnya akan mengalami perubahan. Perubahan ini akan memicu susut pasca panen karena terjadinya penurunan kualitas (Vaughn dan Duke, 1984). Di dalam buah dan sayur, reaksi oksidasi merupakan penyebab kedua penurunan kualitas buah dan sayur setelah serangan mikrobia. Adapun reaksi oksidasi yang utama dalam buah dan sayur adalah reaksi pencokelatan atau browning enzymatic. Reaksi ini melibatkan dua enzim oksidoreduktase, yaitu PPO dan POD (peroksidase). PPO mengkatalisis dua reaksi: (1) hidroksilasi monofenol menjadi difenol, yang berlangsung lambat dan menghasilkan senyawa yang tidak berwarna,

kemudian (2) oksidasi difenol menjadi quinon yang berlangsung cepat dan menghasilkan senyawa berwarna (Hanson dan Havir, 1979).

Reaksi enzimatik oleh PPO digambarkan oleh Quieroz et al., (2008) yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi enzimatik dari PPO (Quieroz et al., 2008).

Sementara itu Kaviya (2012), menjelaskan bahwa polifenol oksidase (PPO) merupakan enzim yang memiliki gugus Cu, sehingga dapat mengkatalisis pengikatan molekul oksigen dalam posisi orto membentuk gugus hidroksil pada cincin aromatik yang diikuti dengan proses oksidasi diphenol menjadi quinone. Enzim polifenol oksidase akan mengubah senyawa fenol dengan bantuan oksigen menjadi melanin berwarna coklat yang menyebabkan buah tersebut mengalami browning. PPO atau polyphenoloxidase sendiri merupakan enzim yang dapat mengkatalisis transformasi rangkaian senyawa aromatik yang mempunyai gugus fenol yang berdekatan, termasuk dalam hal ini sejumlah polifenol dalam tanaman yang berfungsi sebagai antioksidan. Hasil oksidasi enzim PPO dan senyawa polifenol adalah quinon yang akan mengalami polimerisasi membentuk senyawa melanin yang berwarna coklat tua (Hanson dan Havir, 1979). PPO dapat ditemukan di tanaman, jamur, bakteri dan binatang. Dalam tanaman, enzim ini ditemukan

dalam kloroplas dan dikeluarkan dari kloroplas selama proses senescence atau pematangan. Enzim PPO mempunyai ion Cu^{2+} di sisi aktifnya yang memungkinkan untuk mengoksidasi gugus fenol dalam senyawa aromatik dan menghasilkan quinon. Ada dua tipe PPO, yaitu katekol oksidase yang dapat mengkatalisis senyawa aromatik difenol yang mempunyai dua senyawa fenol yang berdekatan menjadi dua quinon. Ini merupakan reaksi yang sangat mudah terjadi. Reaksi yang lebih sulit adalah aktivitas tirosinase (monofenolase) yang melibatkan reaksi satu atom O_2 ke senyawa aromatik yang mempunyai gugus fenol menjadi difenol. Kemudian enzim tirosinase memediasi aktivitas katekol oksidase pada molekul untuk merubahnya menjadi molekul dengan dua quinon (Gambar 2.2).

Buah dan sayur banyak mengandung senyawa polifenol yang bertindak sebagai substrat bagi enzim PPO, sebagai contoh asam klorogenat, asam kafeat, epikatekin dan katekin. Senyawa polifenol ini dapat mengalami oksidasi menjadi quinon dengan adanya enzim PPO sebagaimana penjelasan di atas. Quinon tersebut bersifat sangat reaktif dan dapat bereaksi satu sama lain atau pun dengan protein untuk membentuk pigmen hitam yang disebut melanin. Namun demikian, reaksi pencoklatan ini tidak bisa terjadi kalau tidak ada O_2 (Hansch dan Boynton, 1986). Sebagai contoh, apel apabila dikupas akan nampak putih, tapi setelah beberapa waktu akan berubah coklat karena adanya reaksi pencoklatan yang dipicu oleh oksigen. Demikian juga halnya apabila sel mengalami kerusakan karena proses minimal yang menyebabkan terjadinya kontak antara substrat, enzim dan O_2 maka reaksi pencoklatan akan berlangsung (Rolle dan Chism, 1987).

Pencoklatan enzimatik terjadi pada buah-buahan yang banyak mengandung senyawa fenol (Winarno, 1997). Berdasarkan pada derajat 10 kekompleksannya, senyawa fenol pada tanaman dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu : (1) senyawa fenol sederhana dan (2) senyawa fenol kompleks (Muchtadi, 1992). Kelompok senyawa fenol yang sederhana terdiri dari asam amino tirosin, dihidroksifenilalanin (DOPA), katekol, dan asam kafeat. Asam kafeat bila bereaksi dengan asam kuitat akan membentuk asam klorogenat. Asam klorogenat banyak terdapat pada apel, kentang, arbei, dan pir (Muchtadi, 1992). Golongan senyawa fenol yang kompleks terdiri dari sari antosianin, lignin, dan tanin. Berdasarkan dapat tidaknya dihidrolisis, maka tanin dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu hidrolizable tannin dan condensed tannin. Yang pertama adalah tanin yang dapat dihidrolisis baik dengan asam, basa, atau enzim yang akan menghasilkan senyawa-senyawa seperti sakarida, asam galat, asam elagat atau asam yang lain. Yang kedua adalah tanin yang mempunyai struktur yang kompleks dan tidak dapat dihidrolisis. Yang termasuk ke dalam grup ini adalah katekin dan leukoantosianin, di mana molekulnya dapat terpolimerisasi (Muchtadi, 1992).

Menurut Marshall *et al.* (2000), pencoklatan enzimatik terjadi setelah senyawa fenolik yang bertindak sebagai substrat dan terdapat di vakuola bertemu dengan enzim polifenol oksidase yang terdapat di sitoplasma dan dibantu oleh oksigen yang bertindak sebagai substrat pembantu (co-substrate). Mekanisme pencoklatan yang melibatkan enzim polifenol oksidase ini membentuk melanin sehingga menyebabkan warna coklat. Reaksi yang menyebabkan warna coklat ini merupakan suatu reaksi kimia yang dikenal sebagai oksidatif enzimatis dengan

oksigen sebagai katalisator dalam reaksi tersebut. Jadi reaksi pencoklatan enzimatis ini membutuhkan tiga agen utama yaitu oksigen (dibantu katalis Cu^+), enzim (polifenolase/PPO) serta komponen fenolik. Secara normal, sel memisahkan enzim dari komponen fenolik, tapi ketika buah atau sayuran dipotong atau memar, enzim dan fenol bereaksi dengan kehadiran oksigen membentuk produk yang kecoklatan.

Reaksi pencoklatan adalah enzim polifenol oksidase mengkatalisis oksidasi fenol menjadi o-quinon. Kemudian o-quinon secara spontan melangsungkan reaksi polimerisasi menjadi pigmen berwarna coklat yang disebut juga dengan melanin. Cara-cara yang dapat dilakukan untuk mencegah pencoklatan enzimatis menurut Apandi (1984) adalah: 1) Aplikasi panas, panas yang bisa diaplikasikan berupa proses blanching, yaitu suatu bagian pengolahan pangan dengan menggunakan uap atau air panas. 2) Aplikasi SO_2 dan sulfit, natrium metabisulfit dan natrium bisulfit sebagai inhibitor fenolase yang kuat. 3) Pencegahan kontak dengan oksigen, cara yang biasa digunakan adalah merendam bahan yang sudah dikupas kedalam air sebelum dimasak sehingga tidak terjadi kontak langsung dengan udara. 4) Aplikasi asam, asam yang biasa digunakan adalah asam yang biasa terdapat dalam jaringan tanaman seperti asam askorbat, sitrat dan malat.

E. Natrium Metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)

Natrium metabisulfit merupakan senyawa anorganik yang mempunyai rumus kimia $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ dan digunakan sebagai bahan pengawet. Natrium metabisulfit juga disebut sebagai dinatrium atau metabisulfit. Senyawa ini memiliki penampakan kristal atau bubuk dan memiliki berat molekul 190,12 gram. Densitas senyawa ini adalah 1,2-1,3 kg/l dan titik leburnya 150°C . Padatan natrium

metabisulfit yang dilarutkan sebanyak 20% akan tampak berwarna kuning pucat hingga jernih (Muhandri, 2006).

Natrium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) yang diperdagangkan dalam bentuk kristal. Pemakaiannya dalam pengolahan bahan bertujuan untuk mencegah proses pencoklatan pada buah sebelum diolah. Sulfit digunakan dalam bentuk gas SO_2 , garam Na atau K sulfit, Bisulfit dan metabisulfit (Davidson dan Juneja, 1990). Natrium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) adalah senyawa kimia yang bisa digunakan untuk pengolahan produk pangan. Senyawa ini digunakan pada produk pangan yang mudah mengalami reaksi browning yaitu timbul warna kehitaman atau coklat tua pada bahan pangan, selain itu juga natrium metabisulfit berguna sebagai bahan pengawet dan antioksidan. Di dalam kodeks makanan Indonesia, tentang Bahan Tambahan Makanan, natrium metabisulfit terdaftar sebagai bahan pengawet anorganik yang diizinkan pemakaiannya. Natrium metabisulfit mengandung tidak kurang dari 90% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (Cahyadi, 2006). Menurut Suprpti (2004) natrium metabisulfit merupakan bahan kimia berbentuk kristal putih, memiliki beberapa kemampuan antara lain, sebagai berikut:

1. Memucatkan/menghilangkan warna bahan, kecuali klorofil dan karoen.
2. Mencegah terjadinya reaksi browning yang disebabkan oleh enzim (*browning reaction enzymatic*).
3. Mengawetkan (sebagai bahan pengawet).

Masalah yang dihadapi dalam buah apel kupas adalah terjadinya reaksi *browning* secara cepat, menurut Tranggono (1994) dalam Istiningsih (2003) untuk mencegah

terjadinya reaksi browning, dapat dilakukan dengan perendaman dalam larutan natrium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), karena natrium metabisulfit merupakan bahan kimia yang kuat untuk mencegah terjadinya reaksi browning.

Joslyn dan Braverman (1954) berpendapat bahwa SO_2 bisa bertindak dengan mengurangi oksigen dan membuatnya tidak tersedia untuk oksidasi atau dengan bereaksi dengan kuinon atau senyawa lainnya dalam oksidasi polifenol. Ada tiga mekanisme cara yang dilakukan senyawa sulfit dalam menghambat reaksi pencoklatan. Pertama, penghambatan irreversible PPO. Kedua, Pengurangan o-quinones, sehingga membalikkan reaksi enzimatik. Terakhir, pembentukan produk tambahan antara sulfit dan o-quinones, mencegah o-quinones bereaksi lebih jauh ke dalam pigmen coklat. Dalam beberapa kasus, konsentrasi sulfit yang tinggi digunakan untuk memutihkannya pigmen warna yang telah terbentuk. Karena sulfit, untuk sebagian besar, tidak secara ireversibel menghambat browning enzimatik, mereka dikonsumsi dalam reaksi dan dengan demikian konsentrasi yang diperlukan tergantung pada lamanya waktu reaksi harus dihambat (Lambrecht, 2014). Menurut Tomas *et. al.*, (2014) natrium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) memiliki efek ganda dalam reaksi penghambat, hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa yang mengandung sulfur yang berbeda dapat menghambat senyawa *browning* chlorogenic acid (5-CQA) oleh jamur tyrosinase dalam dua cara yang berbeda: dengan menghambat aktivitas enzimatik atau pembentukan adduct yang tidak berwarna dengan enzimatik yang terbentuk o-quinones. Natrium metabisulfit memiliki posisi yang unik dalam kelompok senyawa yang mengandung sulfur yang diselidiki memiliki efek penghambatan ganda pada tyrosinase-katalis *browning* dari

5-CQA. Menurut Eissa *et. al.* (2006) dalam Qiang He dan Yaguang Luo(2007), senyawa ini lebih efektif menghambat pencoklatan enzimatis pada apel potong dibanding asam askorbat. Penghambatan senyawa-senyawa ini karena kemampuannya dalam membentuk konjugasi thiol dengan o-kuinon yang tidak berwarna. Meskipun demikian penggunaan senyawa-senyawa ini berpengaruh negatif terhadap rasa apel potong segar.

Menurut Permenkes No.722/1988, penggunaan natrium sulfit atau natrium bisulfit termasuk dalam kategori aman. Larutan sulfit dikategorikan aman untuk kesehatan. Menurut Departemen Kesehatan RI, batas maksimum penggunaan natrium metabisulfit adalah 2 gram/kg bahan. Batas maksimum penggunaan SO₂ dalam makanan yang dikeringkan di Amerika Serikat yang ditetapkan oleh Food Drug Administration (FDA) yaitu antara 2000-3000 ppm. Di Indonesia yang beriklim tropis dan kelembapan udara yang tinggi sangat memungkinkan pertumbuhan mikroba perusak makanan, sehingga diizinkan menggunakan bahan pengawet untuk penambahan ke dalam makanan. Berdasarkan Naning S. R. (2012), Dosis penggunaan natrium metabisulfit yang diizinkan adalah 0,1-0,6 % atau 1-6 g/liter larutan perendaman. Natrium metabisulfit yang berlebihan akan hilang sewaktu pengeringan. Natrium metabisulfit sebagai anti-browning sudah digunakan pada berbagai buah dan sayuran (Wardhani, dkk., 2016). Menurut Tan, dkk (2015) Sulfit merupakan inhibitor kuat yang efektif dalam menghambat pencoklatan dan sudah lama digunakan dalam industri makanan. Akan tetapi penggunaan yang berlebihan dilarang oleh WHO karena akan berdampak negatif khususnya bagi penderita asma.

Penggunaan natrium metabisulfit sebagai bahan tambahan telah diterapkan pada proses pembuatan tepung labu kuning. Semakin tinggi konsentrasi natrium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) maka semakin tinggi daya serap air, memperbaiki warna, meningkatkan kadar abu dan mempertahankan betakaroten, tetapi semakin menurunkan kadar air dan serat kasar tepung labu kuning. Semakin lama waktu perendaman natrium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) semakin meningkatkan daya serap air, kelarutan, warna, kadar air, kadar lemak, serat kasar dan mempertahankan betakaroten namun menurunkan daya dispersi dan kadar abu tepung labu kuning. Lama perendaman natrium metabisulfit tidak berpengaruh terhadap kadar protein tepung labu kuning (Purwanto, 2013).

Natrium metabisulfit (NMS) dan asam sitrat (AS) adalah bahan aditif populer yang digunakan dalam industri makanan (Danilewicz *et al.*, 2008). Asam sitrat merupakan antioksidan yang mudah didapatkan di pasaran. Palou *et al.* (2010) melaporkan bahwa pada buah anggur, pembusukan selama penyimpanan terutama disebabkan oleh cendawan *B.cinerea* (*gray mold*) dan pencegahannya dilakukan dengan menggunakan sulfur dioksida (SO_2) dan NMS. Liang *et al.* (2012) menyatakan bahwa NMS 6% mampu mencegah kerusakan, pencoklatan, dan tidak ditemukan adanya residu NMS pada buah leci. NMS dan AS juga dapat mencegah pencoklatan dan ketengikan air kelapa pada proses pemanasan (Tan *et al.*, 2015).

Natrium metabisulfit tidak dilarang dalam penggunaannya sebagai bahan tambahan pangan, namun penggunaannya harus sesuai dengan takaran yang sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wardhani, dkk (2016) konsentrasi Natrium metabisulfit yang

digunakan sebagai zat anti-browning pada rebung adalah 1000 ppm, 2000 ppm, dan 3000 ppm. Konsentrasi terbaik untuk mencegah pencoklatan adalah 3000 ppm. Menurut Choirunisa (2014), pembuatan pati umbi ganyong dengan perendaman dalam larutan natrium metabisulfit dengan tiga level konsentrasi yaitu 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm dapat mempengaruhi kualitas tepung umbi ganyong yang dihasilkan. Menurut penelitian Naadie Khumairo' (2004), pengaplikasian natrium metabisulfit dengan 1000 ppm dan perendaman 20 menit menghasilkan tepung pisang rayap dengan sifat-sifat yang baik dan aman bagi konsumen.

Menurut Novian Wely A (2017), Perlakuan blanching selama 10 dan 15 menit menggunakan larutan Na-Metabisulfit 0,05% pada manisan kering buah semu jambu mete memiliki penerimaan organoleptik secara keseluruhan (overall) dengan skor tertinggi sebesar 3,6 artinya produk tersebut lebih disukai panelis. Menurut Widiyowati (2007), semakin tinggi kadar natrium metabisulfit yang ditambahkan ke dalam larutan perendaman dapat menurunkan kadar protein dan vitamin C dari produk yang dihasilkan. Meskipun demikian, pengaruh lama perendaman potongan ubi jalar kuning mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap kadar protein dan vitamin C, dimana semakin lama perendaman maka penurunan terhadap kadar protein dapat ditekan namun menghasilkan efek terhadap kehilangan vitamin C yang semakin besar. Dengan penambahan natrium metabisulfit sebanyak 0,3% dengan lama perendaman sekitar 10 menit dapat mempertahankan kadar protein sampai setengah dari kadar protein ubi jalar kuning segar.

F. Hipotesis

Perlakuan pemberian Natrium Metabisulfit 1000 ppm pada suhu 10°C terhadap *fresh-cut* apel diduga dapat menghambat proses pencoklatan pada *fresh-cut* Apel varietas Rome Beauty.