

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Buah Apel Manalagi**

Salah satu kota yang memiliki hasil pertanian melimpah di Indonesia yaitu kota Batu. Hasil pertanian yang banyak dihasilkan terdiri dari buah dan sayuran. Buah Apel merupakan salah satu buah yang melimpah di Kota Batu. Badan Pusat statistik tahun (2008) menunjukkan bahwa kota Batu memiliki tingkat panen apel mencapai 17.050 ton per hektar. Varietas unggulan di Batu yaitu apel Manalagi (*Malus sylestris* Mill) yang merupakan salah satu jenis buah lokal banyak diminati karena memiliki aroma dan kenampakan yang menarik. Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2006 menunjukkan bahwa konsumsi buah apel di Indonesia rata-rata mencapai hingga 1,1 kg perkapita pertahun. Meskipun masih muda Apel Manalagi mempunyai rasa yang manis, aroma yang harum, warna kulit 1,5-2% berwarna hijau kekuningan dengan semburat merah (Miati, 2010). Diameter buah apel berkisar antara 5-7 cm dengan berat buah sebesar 75-100 gram/buah. Daging buah yang dimiliki yaitu berwarna kuning keputihan dengan bentuk biji bulat pada bagian ujung tumpul dan berwarna coklat, kadar air yang dimiliki sebesar 84,05% kerenyahan lebih renyah dibandingkan apel *Rome Beauty* dan apel *Anna* (Sufrida, dkk., 2004).

Tabel 1. komposisi kimia apel Manalagi per 100 gram apel

Komposisi	Kandungan
Total gula (g)	8.29
Kadar asam (g)	0.32
Vitamin C (g)	6.60
Gulaperediksi (g)	6.96
pH cairanbuah	4.62
Fruktosa (g)	4.5
Glukosa (g)	3.72
Sukrosa (g)	4.54
Gula/asam (g)	42.56
Aktivitasantioksidan (g)	6.53
Total padatanterlarut (brix)	17.10

Sumber: Sa'adah, dkk. (2015)

Prihatman (2000) dan Miati (2010) menyatakan bahwa apel Manalagi dapat dilakukan pemanenan pada umur 11 hari setelah bunga mekar atau saat nisbah gula (asamnya telah mencapai 58 dengan tekstur sebesar 207 kg/cm<sup>2</sup>). Rasa yang dimiliki yaitu manis, dan beraroma harum segar walaupun masih muda. Bertambahnya tingkat kematangan buah, maka akan bertambah pula kandungan gula yang dimilikinya (Soelarso, dalam Sa'adah dkk., 2015). Menurut Marina, dkk., (2015) menunjukkan bahwa standar mutu yang berlaku berdasarkan ukuran, berat dan jumlah per kilogramnya terdiri dari 4 *grade*, yaitu: *Grade A* = 15.90% (3-4 buah/kg), *Grade B* = 45.20% (5-7 buah/kg), *Grade C* = 29,60% (8-10 buah/kg) dan *Grade D* = 7% (11-15 buah/kg).

Keunggulan buah Apel Manalagi yaitu memiliki kandungan pektin didalam buahnya. Pektin banyak terkandung sebesar 15-20% pada bagian ampas (daging yang sudah diambil sarinya) dan 4-7% pada bagian kulit buah (Suhardi dalam Subagyo, 2010). Penelitian yang telah dilakukan oleh Cempaka (2014) menunjukkan kandungan buah apel banyak mengandung *Quercetin* yang merupakan salah satu senyawa flavonoid yang berfungsi untuk melindungi tubuh

dari beberapa penyakit degeneratif dan mencegah proses peroksidasi lemak. Namun buah apel Manalagi memiliki kekurangan yaitu umur simpan yang lebih pendek dari pada apel *romebeauty*. Selain itu apel Manalagi ini sangat cepat busuk jika ada luka pada permukaan kulitnya.

### **B. *Fresh-Cut***

Latifa (2009) menyatakan bahwa *fresh-cut* merupakan pengolahan buah atau sayuran yang terdiri dari pencucian, pengupasan dan pengirisan sebelum dilakukan pengemasan dengan suhu yang rendah untuk penyimpanan sehingga akan menjadi mudah dikonsumsi masyarakat tanpa menghilangkan nilai kandungan dan kesegarannya. Buah potong memiliki kelemahan yaitu tidak tahan lama dibandingkan dengan buah segar. Beberapa perlakuan pada *fresh-cut* mengakibatkan terjadinya peningkatan produksi etilen, laju respirasi, degradasi membran, kehilangan air dan kerusakan akibat adanya mikroorganisme. Dampak lebih lanjut yang terjadi yaitu terjadinya perubahan enzimatik, menurunnya umur simpan dan mutu buah (Baeza-Rita, 2007).

Produk yang dihasilkan dari buah potong segar tidak hanya harus terlihat segar, tetapi harus memiliki sensorik sifat aroma, rasa, tekstur dan daya tarik visual, aman, sehat dan bergizi dengan produk yang terlihat *freshly*. Jadi produk segar berkualitas hanya baik digunakan sebagai bahan awal dalam pengolahan buah potong segar (Jennylynd dan Tipvanna, 2010). Buah yang terolah minimal lebih rentan mengalami perubahan dari segi fisiologi, kimia dan biokimia jika dibandingkan dengan buah yang masih utuh. Buah yang dipotong akan menghilangkan kulit buah atau lapisan epidermis yang menyebabkan hilangnya

keutuhan sel. Beberapa perubahan yang terjadi pada *fresh-cut* antara lain: warna, peningkatan respirasi, peningkatan transpirasi, peningkatan aktivitas enzim, peningkatan produksi etilen, falovor, degradasi membran lipid, pembentukan metabolit sekunder, pencoklatan oksidatif dan pertumbuhan mikroba. Jika perubahan pada buah *fresh-cut* tetap dibiarkan, hal ini akan berakibat pada kerusakan mutu dan memperpendek umur simpan produk (Indriyani, 2006).

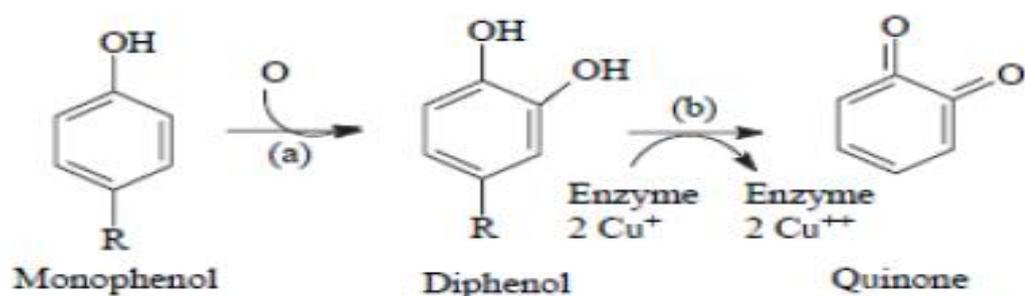
Perlakuan pengirisan dan pemotongan pada buah Apel akan mengalami reaksi pencoklatan enzimatis karena kandungan senyawa fenol yang bereaksi dengan enzim *polifenol oksidase* dengan bantuan oksigen (Winarno, 1997 dalam Hikmatyar (2017)). Buah apel memiliki kandungan senyawa fenol meliputi asam klorogenat, katekol, katekin, asam kafeat, 3,4-*dihidroksifenilalanin* (DOPA), p-kresol, 4 metil katekol, leukosianidin dan favonol glikosida (Marshall *et.al.*, 2000). Tingginya kandungan air dan gula pada buah apel dapat menjadi media yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme. Luka yang terjadi selama penyiapan produk potong segar akan menyebabkan keluarnya cairan sel yang merupakan bahan makanan bagi patogen sehingga dapat tumbuh dan berkembang dengan cepat (Utama dan Setiawan, 2016).

### **C. Pencoklatan (*Browning*)**

Masalah utama yang biasa dihadapi *fresh-cut* apel yaitu sangat mudah mengalami perubahan warna sebagai akibat proses *browning* atau pencoklatan (Wahyuningsih, 2010). Pencoklatan dapat mengakibatkan perubahan-perubahan yang tidak diinginkan, seperti kenampakan produk menjadi tidak baik dan munculnya citarasa lain, sehingga dapat menurunkan kualitas produk (Susanto

dan Saneto, dalam Dodi Pratama; dkk, 2013). Reaksi pencoklatan terbagi menjadi 2 jenis yaitu: Reaksi pencoklatan enzimatik dan non-enzimatik (Feri dalam Aziz, R, 2016).

Banyaknya kandungan substansi fenolik pada buah apel menyebabkan terjadinya pencoklatan selain itu adanya katekin dan turunannya terdiri dari asam kafeat, klorogenat, tirosin dan leukoantosianin. Substrat yang sangat baik untuk terjadinya reaksi pencoklatan yaitu jenis ortodihidroksi atau trihidroksi. Reaksi pencoklatan enzimatik buah apel ditandai dengan munculnya warna coklat atau hitam. Pencoklatan disebabkan karena aktivitas *polyphenol oxidase* dibantu oksigen kemudian akan mengubah gugus *monophenol* menjadi *O-hidroksi phenol*, selanjutnya diubah lagi menjadi *O-quinon*. Sementara itu reaksi pencoklatan non-enzimatik belum diketahui secara penuh, namun pada umumnya reaksi pencoklatan non-enzimatik terbagi menjadi karamelisasi, maillard dan akibat vitamin C (Taufik, 2009).

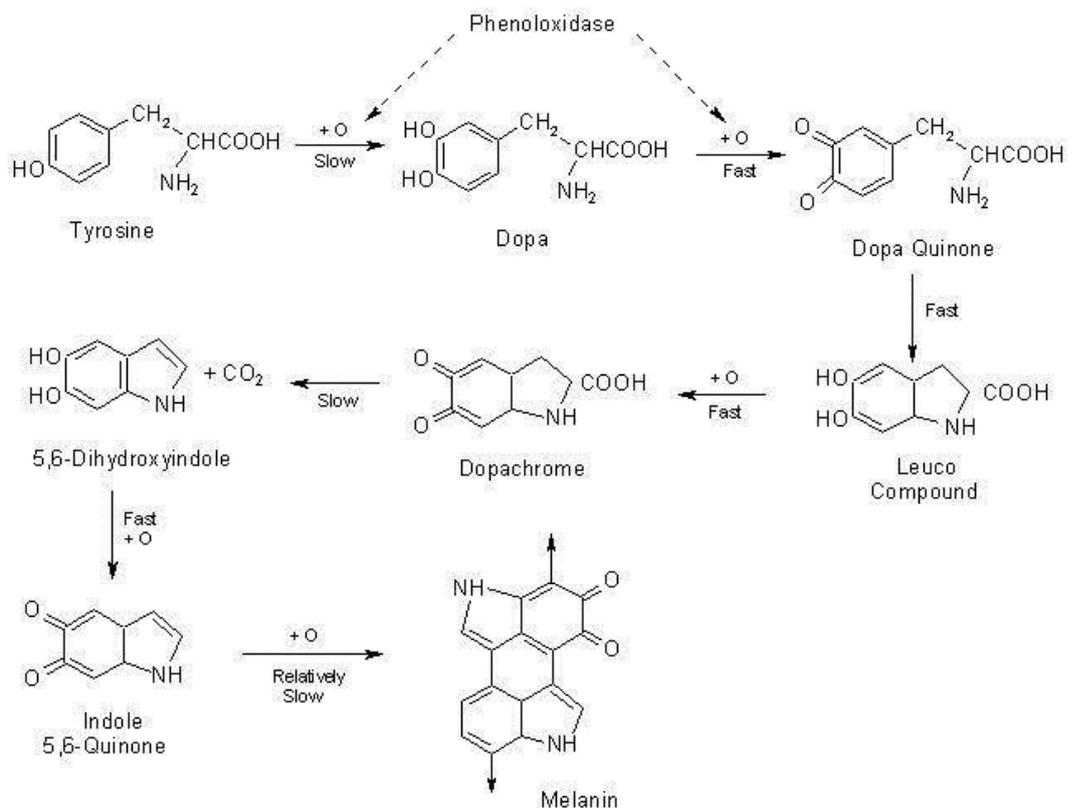


Gambar 1. Reaksi enzimatik Apel Manalagi oleh Enzim Polyphenol Oksidase (PPO)

Sumber: Queiroz *et.al.*, (2008)

Reaksi pencoklatan diawali dengan reaksi gugus asam amino, peptida atau protein dengan gugus hidroksil glikosida pada gula, kemudian diakhiri dengan

pembentukan polimer nitrogen berwarna coklat atau melanoidin. Menurut Deman (1997) penurunan pH dengan bilangan gugus asam amino basa dapat memperlambat terjadinya reaksi pencoklatan. Komponen yang dapat menyebabkan pencoklatan enzimatik, yaitu oksigen, enzim, dan substrat (Perera 2007 dalam Latifah 2009). PPO (EC.1.14.18.1) merupakan enzim yang memiliki gugus Cu, sehingga dapat mengkatalisa pengikatan molekul oksigen dalam posisi ortho membentuk gugus hidroksil pada cincin aromatik yang diikuti dengan proses oksidasi diphenol menjadi quinone (Kaviya, 2012). Adapun reaksi kimia dari *browning* menurut Saptakee (2010) terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi kimia *Browning*.

Sumber : <http://www.buzzle.com>

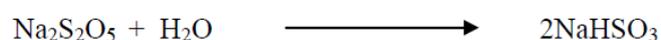
Pencegahan proses pencoklatan enzimatis dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain penggunaan panas, pencegahan kontak dengan oksigen, pemberian inhibitor dan penggunaan asam (Susanto dan Saneto, dalam Dodi Pratama; dkk. 2013). Tidak hanya mengurangi kualitas visual perubahan warna pada *fresh-cut* menyebabkan perubahan rasa dan hilangnya nutrisi yang mengakibatkan kerugian karena adanya perubahan pencoklatan. Perubahan enzimatis dapat dihambat dengan metode inaktivasi enzim, penghambatan reaksi substrat, penggunaan *chelating agents*, *oksidator* ataupun inhibitor. Secara konvensional perubahan reaksi pencoklatan dilakukan dengan pencelupan bahan pangan menggunakan air, natrium bisulfit, asam sitrat dan L-arginin (Wiley-Blackwell, 2012).

#### **D. Natrium Bisulfit ( $\text{NaHSO}_3$ )**

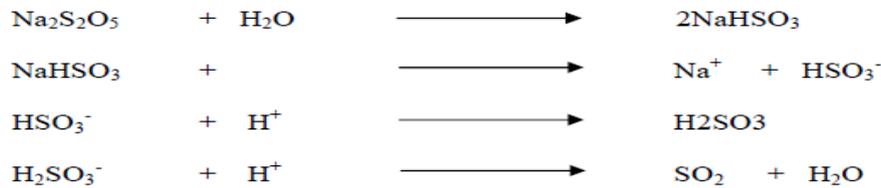
Dalam industri makanan natrium bisulfit merupakan inhibitor kuat yang efektif untuk menghambat pencoklatan. Bagi penderita asma penggunaan natrium bisulfit dilarang WHO karena akan menimbulkan dampak negatif bila digunakan secara berlebih (Tan *et.al.*, 2015). Sulfit dan turunannya sudah lama dikenal banyak digunakan sebagai zat pengawet serta zat anti oksidan. Biasanya digunakan dalam bentuk gas  $\text{SO}_2$ , garam kalium atau natrium sulfit ( $\text{K}_2\text{SO}_3$  atau  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), natrium bisulfit ( $\text{NaHSO}_3$ ) atau natrium metabisulfit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{C}_5$ ) (Heiman, dalam Sayid, 1987). Sulfit menunjukkan pengaruh yang nyata dalam menghambat reaksi pencoklatan enzimatis. Menurut Hulme, dalam Sayid (1987) menyatakan bahwa 1 ppm  $\text{SO}_2$  akan mengakibatkan penurunan aktivitas enzim sebanyak 20 persen dan pada 10 ppm akan menginaktifkan enzim seluruhnya.

Secara mutlak natrium bisulfit tidak dapat menghentikan pencoklatan namun hanya akan memperlambat reaksinya (Hulme, 1991) natrium bisulfit dapat menghambat reaksi pencoklatan, sebagai anti mikroba, memperpanjang masa simpan bahan pangan sebagai pengawet. Natrium bisulfit merupakan bahan sulfitasi yang tidak karosigenik dan telah medapatkan predikat GRAS (*Generally Recognized As Save*) dari *Foodand Drug Administration* (FDA) yang menunjukkan aman untuk dikonsumsi. Dalam penggunaanya dosis yang digunakan dibatasi. Pada konsentrasi lebih dari 500 ppm akan berpengaruh terhadap rasa, yang menyebabkan muntah-muntah ketika digunakan dalam dosis tinggi dan dapat menghancurkan vitamin B1. Selain itu, sulfit juga dapat menyebabkan asma karena adanya gas belerang oksida (Muchtadi, 2010)

Ciri natrium bisulfit yaitu berupa serbuk berwarna putih yang mudah larut dalam air, sedikit larut dalam alkohol dan memiliki bau khas seperti gas sulfur dioksida, serta mempunyai rasa asam dan asin. Mekanisme penghambatan pertumbuhan mikroba oleh senyawa sulfur yaitu dengan merusak sel mikroba, mereduksi ikatan sulfit dan bereaksi dengan gugus karbonil. Tidak teroksidasinya molekul sulfit akan masuk ke dalam sel mikroba. pH sel mikroba yang netral akan menyebabkan sulfit terdisosiasi ke dalam sel mikroba sehingga akan banyak terdapat ion H<sup>+</sup> yang menyebabkan menurunnya pH sel mikroba kemudian akan menyebabkan organ-organ sel mikroba menjadi rusak (Winarno dan Betty, 1974). Natrium bisulfit memiliki sifat mengikat air, sehingga natrium bisulfit dan air akan berikatan dengan reaksi sebagai berikut:



Menurut Frazier (1976) menyebutkan bahwa reaksi penuraian garam sulfit menjadi io-ion digambarkan sebagai berikut:



Natrium bisulfit juga dapat menghambat proses pencoklatan saat beraksi dengan gugus aldehid atau keton sehingga reaksi antara gula reduksi dengan asam amino tidak terjadi (Apani, 1984). Sulfit terdiri dari 3 mekanisme inhibisi pencoklatan yang terdiri dari: reaksi searah PPO, reduksi o-quinon yang membalikkan arah reaksi enzimatik, dan pembentukan produk tambahan sulfit dan *o-quinon* sehingga mencegah reaksi pencoklatan lebih lanjut (Kuijpers *et.al.*, 2012).

### E. Asam Sitrat (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>)

Asam sitrat merupakan salah satu produk komersial yang penting di dunia maupun di Indonesia yang dikenal sebagai salah satu bahan aditif (Kirana, 2017). Asam sitrat tersebar luas sebagai bahan penyusun rasa dari berbagai macam buah-buahan (Sitrun, Nenas, Pir, dan lain-lain). Asam sitrat dapat diproduksi melalui ekstraksi sederhana, proses fermentasi menggunakan mikroorganisme, dan proses sintesa secara kimia. Proses ekstraksi sederhana telah lama ditinggalkan seiring dengan pengembangan metode fermentasi. Sedangkan sintesa secara kimia belum bisa sepenuhnya diterima konsumen karena faktor keamanan pangan produk yang dihasilkan (Kirana, 2017).

Produksi Asam sitrat dapat dilakukan dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme melalui fermentasi ( Darouneh *et.al.*, 2009; Pallares *et.al.*, 1996; Manafaati 2011; dan Demirel *et.al.*, 2005). Asam sitrat menggunakan beberapa mikroorganisme antara lain: *Candida oleophila*, *penicillium glaucum* (Anastasisdis dan Rehm, 2005), *A. niger* (Angumeenal dan Venkappayya, 2005; Cevrimli *et.al.*, 2009; Cevrimli *et.al.*, 2010; Dhillon *et.al.*, 2013), *Aspergillus awamori* (Max *et. al.*, 2010), *Aspergillus nidulans* (Max *et.al.*, 2010), *Hansenula anamola* (Soccol *et.al.*, 2006) dan *Yarrowia lipolytica* (Wojtatowics *et.al.*, 1993; Karasu Yalcin *et.al.*, 2010). Rumus kimia asam sitrat adalah  $C_6H_8O_7$  atau  $CH_2(COOH)-COH(COOH)-CH_2(COOH)$ , struktur asam sitrat menurut nama IUPAC disebut sebagai asam *2-hidroksi- 1,2,3-propanetricarboxylic acid*.

Rasa asam pada asam sitrat diperoleh dari tiga gugus karboksil COOH yang dapat melepaskan proton dalam larutan. Asam sitrat termasuk kedalam senyawa intermediet dari asam organik yang berbentuk serbuk putih ataupun kristal yang bersifat mudah larut dalam air, spirtus dan etanol, tidak berbau, memiliki rasa yang sangat asam dan akan meleleh dan terurai jika dipanaskan. Asam sitrat disebut sebagai agen pengkelat. Menghambatnya rekasi pencoklatan disebabkan karena sitrat mampu mengkompleks ion tembaga, dan menurunkan pH yang menyebabkan enzim PPO menjadi inaktif (Winarno, 2002).

Menurut *Food and Drug Administration* (FDA) atau Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika Serikat asam sitrat merupakan bahan pengawet yang dinyatakan benar-benar aman untuk dikonsumsi. Asam sitrat masih berdekatan dengan vitamin C dan sama-sama merupakan pengawet alami yang baik.

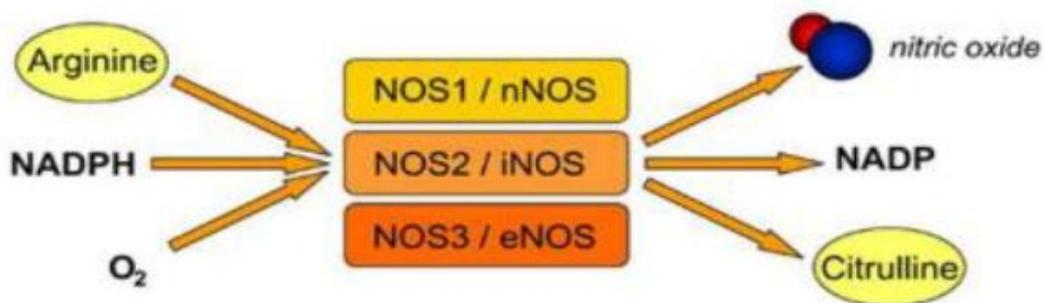
Kandungan asam didalamnya berfungsi mencegah pertumbuhan bakteri dan jamur. Asam sitrat dinyatakan aman pada 99,9% populasi (Cahyono, 2013). Menurut Balai Pengawasan Pangan Obat dan Makanan (BPPOM) penggunaan maksimum asam sitrat dalam minuman adalah sebesar 3 gram/liter. Asam sitrat dapat dipakai untuk mengatur keasaman ataupun bahan pengawet makanan, dan juga untuk mencegah pemucatan atau *browning* misalnya pada buah-buahan (Resti, 2012). Asam sitrat (1% v/v) dapat mempertahankan warna dan meningkatkan kualitas kol segar, menurunkan *browning* dan melindungi kol dari pembentukan bintik-bintik hitam. Selanjutnya kombinasi asam sitrat dengan temperatur rendah memperpanjang umur kol menjadi 22 hari.

#### **F. L-arginin**

Protein merupakan salah satu zat makanan yang penting bagi kelangsungan hidup suatu makhluk hidup. Protein berfungsi sebagai bahan bakar, pengatur dalam tubuh dan zat pembangun. Sumber asam amino yang terkandung dalam protein yaitu C, H, O, dan N. Molekul protein mengandung fosfor (P), belerang (S) dan unsur logam seperti besi dan tembaga (Rahayu, 2018). Setiap jenis protein mengandung satu atau lebih rangkaian 100-300 asam amino. Namun suatu protein umumnya terdiri dari rangkaian 20 macam asam amino. Asam amino dibagi 2 kelompok yaitu asam amino esensial dan non-esensial, keduanya sangat penting untuk pembentukan protein tubuh (Rahayu, 2018). Asam amino esensial ada 8 jenis yaitu isoleusin, leusin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan, dan valin. Dua asam amino lain yang dianggap esensial adalah histidin dan arginin, karena masih dapat disintesis dalam tubuh. Sifat hipoglisemik protein

berkaitan dengan komposisi asam amino khususnya kandungan L-arginin (Newsholme, Kanetro dkk., 2008 dalam Rahayu, 2018).

Rumus molekul L-arginin adalah  $C_6H_{14}N_4O_2$ . Tata nama IUPAC nya yaitu 2-amino-5- diaminometilidin-amino) asam pentoat. L-arginin memiliki masa molekul sebesar  $174,2 \text{ g mol}^{-1}$  (Islakhul, 2016). L-arginin memiliki fungsi prekursor molekul NO (Nitrogen Oksidase) yang menghasilkan sinyal antar sel untuk metabolisme. Prekursor adalah senyawa yang terbentuk sebelumnya, dalam hal ini bisa dikatalis sebagai pemicu Konversi L-arginin dibantu oleh enzim NOS sintetis dengan bantuan oksigen dan NADPH (*Nicotinamide Adenine Dinucleo Phosphate* (Morris,2007).



Gambar 3. Reaksi mekanisme kerja L-arginin  
Sumber Nelson and Cox, 2008

L-arginin mampu memblok dan menahan agen pemecah glukosa yang mampu memperbesar aktivitas metabolisme, meningkatkan ketersediaan energi dan meningkatkan posforilasi protein sehingga meningkatkan motilitas (O'Flaherty *et.al.*, 2004). Nitrat Oksida (NO) merupakan molekul sinyal gas yang mempengaruhi berbagai sistem metabolisme pada hewan dan tumbuhan. Efek NO pada metabolisme pascapanen yang pertama ditunjukkan oleh Leshem dan Haramaty (1996) dengan menambahkan NO untuk daun kacang dan menemukan

hubungan antara NO dan etilena. Sejak itu penelitian yang cukup besar pada berbagai komoditas telah menunjukkan bahwa fumigasi pascapanen dengan gas NO atau mencelupkan dalam senyawa NO-donor dapat memperpanjang penyimpanan pascapanen dengan menghambat pematangan buah klimakterik dan menghasilkan penuaan non-klimakterik dengan menunda pengembangan kerusakan dingin dan berbagai fisiologis gangguan (Wills,2015).

Satu-satunya penelitian pascapanen dilaporkan dengan penggunaan L-arginin yang oleh Zhang *et.al.*, (2010, 2013) yang dicelupkan tomat dalam larutan 0,2 mM L-arginin pada sub-atmosfer tekanan (35 kPa) dan menemukan penurunan 20% dalam kejadian kerusakan dingin setelah 2-penyimpanan 4 minggu di 2 °C. Penghambatan dengan L-arginin menunjukkan bahwa tingkat peningkatan NO dalam jaringan tomat dalam penyimpanan beberapa hari tetap meningkatkan aktivitas NOS seluruh penyimpanan (R.B.H. Wills dan Yongxin Li, 2016). Terserapnya zat terlarut dapat mengurangi masalah *fresh-cut* karena berfungsi sebagai pelindung kulit dan sel-sel bagian luar umumnya, maka penyebab utama dari kerusakan pada permukaan *fresh-cut* dapat dihambat dengan pencelupan langsung pada permukaan *fresh-cut*. Pengendalian pascapanen dengan NO menunjukkan bahwa perkembangan *browning* kecoklatan pada permukaan *fresh-cut* apel (Pristijonoet *et.al.*,2006) dan selada (Willset *et.al.*,2008).

### **G. Hipotesis**

Pencelupan dengan bahan anti *browning* seperti larutan natrium bisulfit diduga efektif untuk menghambat reaksi pencoklatan pada *fresh-cut* apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill).

