

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Salak Pondoh (*Salacca edulis* Reinw)

Salak pondoh (*Salacca edulis* Reinw) termasuk suku pinang-pinangan (palmae). Family *Palmaceae*, ordo *Spadiceflorae* dan genus *Salacca*, merupakan tanaman asli Indonesia yang banyak diusahakan oleh petani di pedesaan dengan berbagai jenis varietas. Tanaman salak berakar serabut, berbatang keras dan tingginya dapat mencapai tujuh meter. Menurut Sabari (1983), pemberian nama jenis salak didasarkan atas beberapa cara, antara lain menurut nama daerah asal misalnya salak bali yang berasal dari Bali, salak condet dari Jakarta, salak gondanglegi dari Malang dan salak manonjaya dari Tasikmalaya. Menurut warna kulit buah, misalnya salak putih atau salak gading; menurut warna daging buah, misalnya salak pondoh dan menurut rasa daging buah, misalnya salak madu atau salak kopyor. Namun yang paling terkenal di masyarakat adalah menurut nama daerah asal yang juga disebut kultivar (Suter, 1988).

Sleman, Yogyakarta merupakan salah satu daerah yang terkenal sebagai penghasil salak pondoh. Salak pondoh di Sleman terdapat di kecamatan Turi, Tempel dan Pakem, khususnya di desa Turi, Soka dan Candi. Salah satu keunggulan dari salak pondoh dibandingkan dengan salak lainnya yaitu rasa manis tanpa rasa sepat walaupun buah masih muda (Nuswamarhaeni *et al.*, 1989). Buah salak pondoh jika dibandingkan dengan buah salak biasa memiliki ukuran relatif lebih kecil, tekstur yang lebih keras, warna daging relatif lebih putih tetap warna kulitnya lebih hitam. Bentuk yang dimiliki buah salak pondoh yaitu mendekati bundar, beratnya antara 30-100 gram (Sabari, 1983).

Salak (*Salacca edulis* Reinw) mengandung sumber serat dan karbohidrat. Rasa buahnya manis, dan memiliki bau dan rasa yang unik. Salak mengandung zat bioaktif antioksidan seperti vitamin A dan vitamin C, serta senyawa fenolik. Salak memiliki umur simpan kurang dari seminggu karena proses pemasakan buahnya cepat dan mengandung kadar air yang cukup tinggi yakni sekitar 78% (Ong dan Law, 2009).

Kandungan zat kimia yang terdapat pada daging buah salak akan mengalami perubahan dengan semakin menuanya buah. Pada salak pondoh, perubahan kandungan zat gula tertinggi pada umur 5 bulan sesudah penyerbukan yaitu 23,3 % sedangkan pada umur 3,5 bulan kandungan gulanya 15,35 % (Sabari, 1983). Pada umur tersebut salak memiliki kadar gula tertinggi, sedangkan kadar asam dan taninnya terendah. Menurut penelitian Sabari (1986), kandungan total gula salak pondoh sebesar 23,30 %, kandungan total asam sebesar 0,32 % dan kandungan tanin sebesar 0,08 %.

Tabel 1. Komposisi kimia buah salak

Jenis Kandungan	Jumlah
Kalori	77,0 kalori
Air	78,0 gram
Protein	0,4 gram
Karbohidrat	20.9 gram
Kalsium	28.9 miligram
Fosfor	18.0 miligram
Besi	4.2 miligram
Vitamin C	2.0 miligram
Vitamin B1	0.04 miligram

Sumber : Depkes RI, 2000.

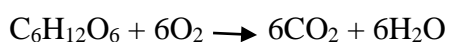
Terdapat tiga susunan pada buah salak yaitu kulit, daging buah dan bagian biji. Bagian kulit terdiri atas sisik-sisik yang tersusun seperti genting dan kulit ari

yang langsung menyelimuti daging buah. Kulit ari ini berwarna putih transparan, daging buah berwarna putih tebal dan biji keras berwarna cokelat.

Menurut Suter (1988), pola respirasi buah salak terus-menerus tanpa adanya lonjakan produksi CO<sub>2</sub>, sehingga salak digolongkan ke dalam buah non-klimaterik. Buah-buah non-klimaterik tidak akan menunjukkan perubahan ke arah peningkatan mutu setelah buah dipetik, sehingga pemanenan dilakukan pada buah yang benar-benar masak di pohonnya.

### **B. Sifat Fisiologis Pascapanen Salak**

Buah-buahan termasuk salak, tidak hanya melakukan respirasi untuk melangsungkan hidupnya saat masih berada di pohon, namun juga melakukan respirasi saat setelah buah-buahan dipetik (panen). Proses respirasi adalah suatu proses biologis dimana oksigen diserap oleh buah dan digunakan untuk proses pembakaran yang menghasilkan energi dan terdapat hasil sisa pembakaran dalam bentuk karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O) (Phan *et al.*, 1986). Reaksi kimia untuk respirasi adalah sebagai berikut :



Adanya aktivitas respirasi pada buah akan menyebabkan buah tersebut menjadi masak dan menjadi tua. Proses masaknya buah merupakan perubahan dari warna, aroma dan tekstur berturut-turut sehingga buah dapat dimakan atau dapat digunakan dan memberikan hasil sebaik-baiknya. Buah mengalami proses *senescence* atau menjadi tua menuju ke arah kerusakan sejak melewati masa optimal. (Hadiwiyoto dan Soehardi, 1981).

Selama proses pemasakan, terjadi berbagai perubahan buah secara fisik. Perubahan secara fisik tersebut antara lain adalah perubahan warna, perubahan tekstur, susut bobot, layu dan keriput yang menyebabkan turunnya mutu buah (Santoso dan Purwoko, 1995). Menurut Suter (1988), laju respirasi salak berkisar 11,46-19,60 mg CO<sub>2</sub>/kg/jam. Laju respirasi tersebut, dekat dengan buah non klimakterik lain seperti anggur (12-16 mg CO<sub>2</sub>/kg/jam), jeruk (13-17 mg CO<sub>2</sub>/kg/jam), dan lemon (10 mg CO<sub>2</sub>/kg/jam).

Terdapat dua jenis buah menurut tingkat laju respirasi yaitu buah klimakterik dan non klimakterik. Buah klimakterik dicirikan dengan adanya kenaikan produksi CO<sub>2</sub> dan gas etilen yang tinggi pada saat pemasakan. Sedangkan, buah non klimakterik ditunjukkan dengan tidak adanya perubahan dari CO<sub>2</sub> dan produksi gas etilen saat penuaan. Tingkat kemasakan buah sering ditunjukkan dengan rasio gula dan asam. Kandungan buah yang telah masak menunjukkan kenaikan gula sedangkan kadar asamnya menurun sehingga rasio gula atau asam mengalami perubahan yang drastis (Kader, 1992).

Hal ini berlaku pada buah klimakterik, sedangkan pada produk non klimakterik perubahan rasio gula atau asam tidak menunjukkan keteraturan pola (Winarno dan Aman, 1981). Laju respirasi dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang mempengaruhi laju respirasi diantaranya susunan kimia jaringan, tingkat perkembangan organ, ukuran produk, adanya pelapisan alami dan jenis jaringan. Sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhi laju respirasi diantaranya suhu, penggunaan etilen, ketersediaan oksigen (O<sub>2</sub>) dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>), senyawa pengatur pertumbuhan dan

adanya luka atau pecah pada buah (Pantastico, 1986). Kandungan oksigen yang ada di ruang penyimpanan perlu diperhatikan karena semakin tinggi kadar oksigen maka laju respirasi semakin cepat. Konsentrasi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang sesuai dapat memperpanjang masa simpan buah-buahan dan sayuran karena CO<sub>2</sub> menimbulkan gangguan respirasi pada produk. Adanya kerusakan atau luka pada produk sebaiknya dihindari selama penyimpanan karena dapat memacu terjadinya respirasi sehingga umur simpan produk semakin pendek (Pantastico, 1986).

### **C. Pengolahan Minimal (*Minimal Processing*)**

Menurut Wong *et al.*, (1994), pada dasarnya kerusakan yang timbul yang diakibatkan oleh pengolahan minimal disebabkan oleh beberapa faktor antara lain aktivitas enzim, pembentukan senyawa metabolik sekunder, peningkatan produksi etilen, peningkatan laju respirasi dan perubahan mikroba pada produk.

Pengolahan minimal merupakan serangkaian perlakuan yang pada dasarnya dimaksudkan untuk menghilangkan bagian-bagian yang tidak dikonsumsi serta memperkecil ukuran. Pengolahan minimal yang meliputi kegiatan-kegiatan seperti pencucian, sortasi, pemotongan, pengupasan, pengirisan, dan sebagainya diharapkan tidak mempengaruhi kesegaran komoditas (Shewfelt, 1987).

Dari beberapa tahapan kegiatan pengolahan minimal luka bekas potong dapat meningkatkan biosintesis etilen yang mempengaruhi pembesaran sel, pelayuan dan pemasakan. Etilen yang dihasilkan pada luka bekas potongan disebabkan oleh peningkatan sintesis asam 1-aminosiklopropana-1-karboksilat yang diikuti dengan perubahan menjadi etilen. Menurut Krochta *et al.*, (1992) dengan adanya peningkatan etilen akibat luka akan mempercepat perubahan

fisiologi dan berakibat pada percepatan perubahan kualitas produk yang meliputi peningkatan permeabilitas sel, peningkatan kerusakan dan aktivitas serta meningkatnya enzim.

Menurut Maxcy (1982), produk pengolahan minimal memiliki permukaan yang mudah terkontaminasi. Cairan yang keluar melalui jaringan yang terluka merupakan media yang sesuai untuk perkembangan mikroorganisme. Disamping itu, dengan adanya pemotongan atau pengupasan buah akan mempengaruhi aktivitas jaringan dan meningkatnya laju penguapan air.

#### **D. Pencokelatan (*Browning*)**

Proses pencokelatan (*browning*) sering terjadi pada buah-buahan yang rusak, memar, pecah, atau terpotong seperti pada pisang, *peach*, pir, salak, pala, dan apel. Selain itu, pencokelatan enzimatik terjadi pada buah-buahan yang banyak mengandung senyawa fenol (Winarno, 1997). Berdasarkan pada derajat 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 kuintat akan membentuk asam klorogenat. Asam klorogenat banyak terdapat pada apel, kentang, arbei, dan pir (Muchtadi, 1992).

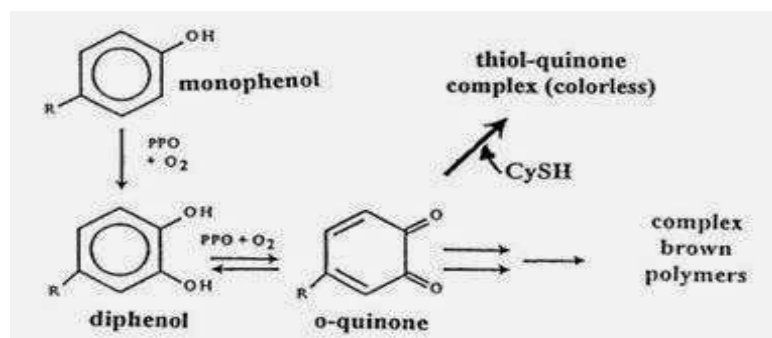
Golongan senyawa fenol yang kompleks terdiri dari antosianin, lignin, dan tanin. Berdasarkan dapat tidaknya dihidrolisis, maka tanin dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu *hydrolyzable tannin* dan *condensed tannin*. Yang pertama adalah tanin yang dapat dihidrolisis baik dengan asam, basa, atau enzim 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 dalamnya adalah katekin dan leukoantosianin, yang molekulnya dapat terpolimerisasi (Muchtadi, 1992).

Menurut Marshall *et al.*, (2000), pencokelatan enzimatis 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 pencokelatannya (Gambar 1) adalah enzim polifenol oksidase mengkatalisis oksidasi fenol menjadi o-quinon yang secara spontan melangsungkan reaksi polimerisasi menjadi pigmen berwarna coklat yang disebut juga dengan melanin. Enzim-enzim yang dapat mengkatalisis oksidasi dalam proses pencokelatan dikenal dengan berbagai nama, yaitu fenol oksidase, polifenol oksidase, fenolase, atau polifenolase; masing-masing bekerja spesifik untuk substrat tertentu (Winarno, 1997). Pencokelatan tidak hanya berpengaruh terhadap tampilan produk potong segar, tetapi akan berpengaruh pula terhadap kualitas sensoris lainnya seperti rasa, aroma, tekstur, dan kandungan gizi.

Pencokelatan enzimatis terjadi pada buah-buahan yang banyak mengandung substrat *fenolik*, *katekin*, *tirosin*, *asam kafeat*, *asam klorogenat*, serta *leukoantosiain* dapat menjadi substrat proses pencokelatan. Senyawa fenolik dengan jenis *ortodihidroksi* atau *trihidroksi* yang saling berdekatan merupakan substrat yang baik untuk proses pencokelatan. Reaksi ini dapat terjadi bila jaringan buah terpotong, terkupas dan karena kerusakan secara mekanis yang dapat

menyebabkan kerusakan integritas jaringan buah. Hal ini menyebabkan enzim dapat kontak dengan substrat yang biasanya merupakan asam amino *tirosin* dan komponen *fenolik* seperti *catekin*, asam *kafeat*, dan asam klorogena sehingga substrat *fenolik* pada tanaman akan *dihidroksilasi* menjadi 3,4-*dihidroksifenilalanin* (*dopa*) dan *dioksidasi* menjadi *kuinon* oleh enzim *phenolase* (Wiley-Blackwell, 2012).



Gambar 1. Reaksi Pencokelatan (*Browning*)

Reaksi pencokelatan pada kuinon sebagai produk dari oksidasi senyawa fenolik pada tanaman yang dikatalisis PPO ketika tanaman mengalami kerusakan struktur sel (Ho dkk., 1992; Mallick, 2011). *Polifenol oksidase* atau *polyphenol oxidase* (PPO) adalah enzim yang bertanggung jawab atas reaksi pencokelatan pada tanaman akibat adanya kerusakan sel pada tanaman tersebut.

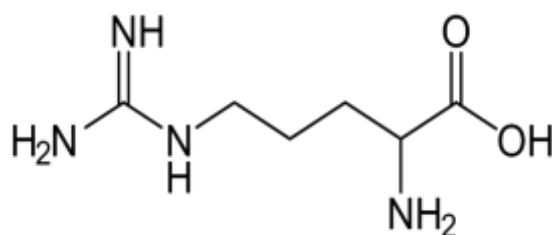
Enzim merupakan protein yang dihasilkan oleh sel hidup yang bertindak sebagai katalis dalam reaksi kimia organik, yang dapat mengubah bahan dan tidak mengalami perubahan (Sucipto, 2008). Untuk mencegah terbentuknya warna coklat pada buah atau sayuran dapat dilakukan dengan : (1) menghilangkan oksigen pada permukaan buah atau sayuran yang terpotong, misalnya dengan merendam dalam air; (2) menghilangkan tembaga yang terdapat pada gugus prostetik enzim polifenol



oksidase dengan menggunakan pengkelat seperti EDTA, asam-asam organik, dan fosfor sehingga enzim polifenol oksidase tidak dapat melangsungkan reaksi pencokelatan enzimatik; (3) inaktivasi enzim polifenol oksidase dengan melakukan blansir pada buah atau sayuran; (4) penyimpanan dingin; (5) menggunakan senyawa antioksidan; dan (6) menggunakan *edible coating* (Marshall *et al.*, 2000).

### E. *L-Arginine*

*L-Arginine* (Arg atau disingkat R) adalah  $\alpha$ -asam amino yang merupakan asam amino yang paling umum. Rumus kimia dari arginin (Gambar 2) adalah  $C_6H_{14}N_4O_2$  dengan massa molekul  $174,2 \text{ g mol}^{-1}$  (Wikipedia, 2017). *L-Arginine* merupakan asam amino dasar dan diklasifikasikan sebagai asam amino yang cukup penting. Salah satu fungsi utama dari *L-Arginine* adalah berperan dalam sintesis protein. *L-Arginine* terlibat dalam sejumlah kegiatan metabolik lainnya di dalam tubuh, seperti potensinya yang dapat dikonversi menjadi glukosa (sehingga klasifikasinya sebagai A-Glucogenic Acid) dan kemampuannya dalam katabolisme untuk menghasilkan energi (Kirk *et al.*, 1993).



Gambar 2. Rumus Kimia *L-Arginine*

Penelitian pascapanen yang dilakukan Zhang *et al.*, (2010) menggunakan *L-Arginine*, dengan cara mencelupkan tomat dalam larutan *L-Arginine* 0,2 mM pada tekanan sub atmosfer (35 kpa) dalam penyimpanan 2-4 minggu pada suhu 2°C

menghasilkan 20% pengurangan kerusakan yang terjadi akibat *chilling injury*. Pemberian *L-Arginine* menghasilkan peningkatan *nitric oxide* di dalam jaringan buah tomat setelah beberapa hari pertama penyimpanan dan dapat meningkatkan aktivitas NOS (*nitric oxide system*) di seluruh buah tomat yang disimpan. Sementara di dalam penelitian tersebut tidak menyebutkan pencelupan pada tekanan lingkungan. Diduga bahwa tekanan lingkungan dan suhu ruang secara bersamaan, dapat mendorong peningkatan penyerapan *L-Arginine* ke dalam buah.

Penelitian yang dilakukan pada buah potong apel yang direndam dalam larutan *L-Arginine* konsentrasi 50 mM dan perendaman selama 10 menit kemudian disimpan pada suhu 5°C menunjukkan terjadinya sedikit pencokelatan atau *Browning* serta meningkatkan 15 kali lipat produk pascapanen dan umur simpan buah diperpanjang sekitar 4 hari dan maksimal sampai 9 hari. *L-Arginine* menunda pengembangan kecokelatan dan memperpanjang umur pascapanen. Untuk potongan selada, umur pascapanen dua kali lipat dengan mencelupkan *L-Arginine* 100 mM selama 5 menit. *L-Arginine* ditemukan tidak mempengaruhi rasa irisan apel setelah dip 250 mM dan lebih efektif pada konsentrasi daripada kalsium askorbat dalam menghambat pencokelatan. Perbandingan juga dibuat dari penghambat pencokelatan lainnya dengan menggunakan kalsium askorbat dan menunjukkan bahwa konsentrasi *L-Arginine* lebih efektif dalam menghambat pencokelatan daripada kalsium askorbat (Tardelli *et al.*, 2013). Secara molar, kedua senyawa tersebut efektif tetapi *L-Arginine* dua kali lebih efektif daripada askorbat. *L-Arginine* juga dimetabolisme oleh arginine dekarboksilase (ADC, EC 4.1.1.19) terhadap putresin dan poliamina seperti spermine dan spermidine (Galston dan

Sawhney, 1990) yang dikenal sebagai prapanen (Legocka dan Kluk, 2005) dan Pascapanen (Valero *et al.*, 2002)

*Nitrit oxide* adalah molekul gas yang mempengaruhi berbagai sistem metabolisme pada hewan dan tumbuhan. Efek *nitrit oxide* pada metabolisme hasil pascapanen pertama kali dilakukan oleh Leshem dan Haramaty (1996) yang menambahkan *nitrit oxide* ke daun kacang dan menemukan kaitan antara *nitrit oxide* dan etilen. Sejak saat itu penelitian yang cukup besar mengenai berbagai komoditas hasil pascapanen dilakukan dengan menggunakan gas *nitrit oxide* atau mencelupkan di senyawa NO (*Nitrit Oxide*) untuk memperpanjang umur hasil pascapanen melalui penghambatan pemasakan buah klimakterik dan penuaan produk non-klimakterik, penuaan pengembangan *chilling injury* serta berbagai gangguan fisiologi hasil pascapanen (Wills, 2015). Pembentukan NO secara enzimatik dari *L-Arginine* dikatalisis oleh *nitric oxide synthase* (NOS).

## F. Hipotesis

Perlakuan pemberian *L-Arginine* konsentrasi 50 mM dan lama perendaman 10 menit lebih efektif dalam menghambat *browning* serta memperpanjang umur simpan buah salak (*Sallaca edulis* Reinw) kupas.