

**KARAKTERISASI BAHAN ANTI *BROWNING* DARI EKSTRAK AIR  
BUAH JAMBU BATU (*Psidium guajava* L.) PADA BUAH APEL MALANG  
(*Malus sylvestris* (L.) Mill.)**

**Skripsi**

**Oleh:**

**OKTARINA HUSAINI**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2017**

**KARAKTERISASI BAHAN ANTI *BROWNING* DARI EKSTRAK AIR  
BUAH JAMBU BATU (*Psidium guajava* L.) PADA BUAH APEL MALANG  
(*Malus sylvestris* (L.) Mill.)**

**Oleh**

**Oktarina Husaini**

**ABSTRAK**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuktikan bahwa ekstrak air buah jambu batu dapat menghambat proses *browning* pada buah apel malang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober –November 2016 di Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 taraf konsentrasi air buah jambu batu yaitu 0% v/v, 25% v/v, 50% v/v, 75% v/v, 100% v/v dan kontrol (Asam sitrat 2% b/v). Indeks *browning* ditentukan berdasarkan absorbansi ekstrak daging buah apel malang pada panjang gelombang 420 nm. Kandungan karbohidrat terlarut total ditentukan berdasarkan metode *fenol sulfur*, sedangkan pendugaan aktivitas enzim dehidrogenase dengan metode *methylene blue*. Uji Levene untuk Homogenitas, analisis ragam, dan uji BNT dilakukan pada taraf nyata 5%. Ekstrak air buah jambu batu memiliki efektivitas yang sama dengan asam sitrat 2% b/v dalam menghambat *browning* buah apel malang, demikian pula ekstrak air buah jambu batu sama halnya asam sitrat 2% b/v memiliki efek yang sama terhadap kandungan karbohidrat terlarut total dan aktivitas enzim dehidrogenase. Ekstrak air buah jambu batu memiliki efektivitas yang sama dengan asam sitrat 2% b/v kecuali konsentrasi 100% v/v terhadap level gula reduksi. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa ekstrak air buah jambu batu memiliki karakteristik yang berbeda dengan asam sitrat 2% b/v yang meliputi penurunan indeks *browning* dan peningkatan aktivitas enzim dehidrogenase lebih besar dibandingkan asam sitrat 2% b/v dalam menghambat *browning* pada buah apel malang.

Kata kunci : Jambu batu, Apel malang, Indeks *browning*, kandungan karbohidrat terlarut total, aktivitas enzim dehidrogenase.

**ANTI-BROWNING MATERIAL CHARACTERIZATION OF THE  
WATER EXTRACT OF GUAVA FRUIT (*Psidium guajava* L.) IN MALANG  
APPLES (*Malus sylvestris* (L.) Mill.)**

**Oleh**

**Oktarina Husaini**

**ABSTRACT**

The purpose of this study was to prove that the water extract of guava pulp can hinder the process of *browning* in apples Malang. The research was conducted in October - November 2016 in the Laboratory of Botanical, Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Lampung. This study uses a completely randomized design (CRD) with 6 degree of concentration of water extract of the fruit flesh guava: 0% v/v, 25% v/v, 50% v/v, 75 % v/v, 100% v/v and control (Citric acid 2% w/v). *Browning* index is determined based on the absorbance of the extract of apple Malang at a wavelength of 420 nm. Total soluble carbohydrate content was determined by phenol-sulfuric method, while estimating dehydrogenase enzyme activity by methylene blue method. Levene's test for homogeneity, analysis of variance and LSD test was carried out at 5% significance level. Water extract of guava fruit has the same effectiveness with citric acid 2% w/v in inhibiting *browning* apples Malang, similarly, the water extract of guava fruit as well as citric acid 2% w/v has the same effect on total soluble carbohydrate content and the activity of the enzyme dehydrogenase. Water extract of guava fruit has the same effectiveness with citric acid 2% w/v except 100% concentration on reducing sugar level. The final conclusion is that the water extract of guava fruit has the different characteristics as citric acid 2% w/v which includes a decrease *browning* index and enhancement dehydrogenase enzyme activity greater than citric acid 2% w/v in inhibiting *browning* in apples Malang.

Keywords : Guava fruit, apples Malang, *browning* index, total soluble carbohydrate content, dehydrogenase enzyme activity.

**KARAKTERISASI BAHAN ANTI *BROWNING* DARI EKSTRAK AIR  
BUAH JAMBU BATU (*Psidium guajava* L.) PADA BUAH APEL MALANG  
(*Malus sylvestris* (L.) Mill.)**

**Oleh:**

**OKTARINA HUSAINI**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2017**



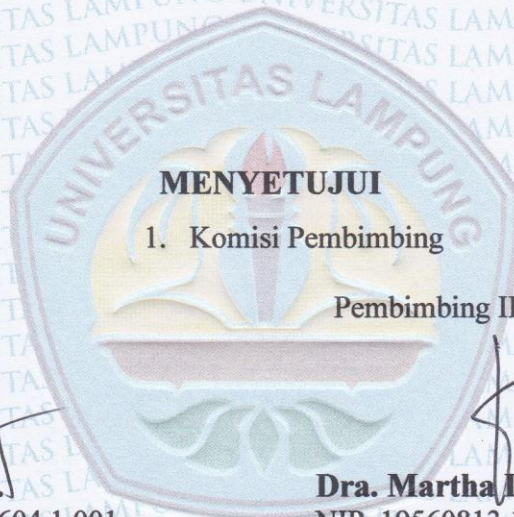
Judul Skripsi : **KARAKTERISASI BAHAN ANTI *BROWNING*  
DARI EKSTRAK AIR BUAH JAMBU  
BATU(*Psidium guajava* L.) PADA BUAH APEL  
MALANG (*Malus sylvestris* (L.) Mill.)**

Nama Mahasiswa : **Oktarina Husaini**

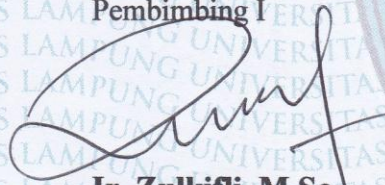
No. Pokok Mahasiswa : 1317021059

Jurusan : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

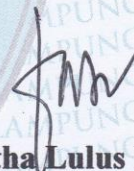


Pembimbing I



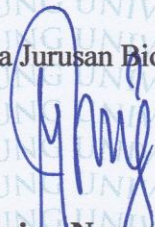
**Ir. Zulkifli, M.Sc.**  
NIP 19600716 198604 1 001

Pembimbing II



**Dra. Martha Lulus Lande, M.P.**  
NIP 19560813 198511 2 001

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA



**Dra. Nuning Nurcahyani, M.Sc.**  
NIP 19660305 199103 2 001



**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Ir. Zulkifli, M.Sc.**

**Sekretaris : Dra. Martha Lulus Lande, M.P.**

**Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Endang Nurcahyani, M.Si.**

**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.**  
NIP. 19710212 199512 1 001

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 Maret 2017**



## RIWAYAT HIDUP



Oktarina Husaini anak pertama dari tiga bersaudara oleh pasangan Bapak Daud Husaini dan Ibu Jamilah yang lahir di Palembang pada tanggal 23 Oktober 1995.

Penulis mengawali pendidikan dari Sekolah Dasar Negeri 5 Sempan pada tahun 2001. Setelah menamatkan pendidikan dasarnya penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Sungailiat pada tahun 2007 dan melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Pemali pada tahun 2010. Penulis melanjutkan pendidikan Penguruan Tinggi Negeri di Universitas Lampung pada tahun 2013 di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Biologi melalui jalur SNMPTN (undangan).

Selama menjadi mahasiswi, penulis pernah menjadi asisten Praktikum Biosistematika Tumbuhan, Fisiologi Tumbuhan, Embriologi Tumbuhan, Pterydologi, Palinologi, Fitohormon, dan Biologi Umum jurusan Teknik Kimia dan Agribisnis di Jurusan Biologi. Selain itu penulis selama kuliah aktif dalam

berorganisasi dan pernah menjadi sekretaris Bidang Saintek, menjadi anggota Bidang Kominfo di HIMBIO (Himpunan Mahasiswa Biologi) dan menjadi anggota Departemen Medinfo di BEM (Badan Eksekutif Mahasiswa) FMIPA UNILA.

Pada tahun 2014 penulis melaksanakan Karya Wisata Ilmiah di Desa Mulyosari selama 7 hari. Pada tahun 2016 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Hanau Berak Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran selama 60 hari dari bulan Januari – Maret 2016 dan pada bulan Juli – September 2016 penulis juga melaksanakan Kerja Praktik di PT. Perkebunan Nusantara VII Distrik Bungamayang Lampung Utara selama 40 hari dengan judul “Pembentukan Kalus Tunas Pucuk Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum*, L.) Varietas BM 1615 pada Media MS dengan Penambahan 2,4 D Berbagai Konsentrasi”.



# *PERSEMBAHAN*

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Dengan mengucapkan rasa syukur Kepada Allah SWT*

*Kupersembahkan karya kecilku ini dengan segala ketulusan dan kesederhanaan sebagai tanda bukti dan kasihku*

*Untuk yang tercinta :*

*Bapak dan Ibu yang menjadi penyemangat hidupku, yang selalu memanjatkan doa di setiap sujudnya untuk keberhasilanku*

*Adik dan seluruh keluarga besar ku yang selalu memberikan semangat dan dukungan di setiap langkahku untuk menyelesaikan studiku*

*Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan Ilmu dengan tulus ikhlas serta sahabat – sahabatku tersayang yang selalu mendukung menemani saat suka maupun duka,*

*Dan Almamaterku tercinta*

*Universitas Lampung*

## ***Motto***

*Kesuksesan hanya dapat diraih dengan segala upaya dan usaha yang disertai dengan doa, karena sesungguhnya nasib seseorang manusia tidak akan berubah dengan sendirinya tanpa adanya suatu usaha*

*Musuh yang paling berbahaya diatas dunia adalah ketakutan dan kebimbangan dan teman yang paling setia hanyalah keberanian dan keyakinan yang teguh*  
*(Andrew Jackson)*

*Kebanggaan yang terbesar adalah bukan karena tidak pernah gagal, tetapi kebanggaan yang terbesar adalah bangkit kembali setiap kali kita jatuh*  
*(Confusius)*

*Bagian terbaik dari hidup seseorang adalah melakukan perbuatan-perbuatan baik dan kasihnya yang tidak diketahui orang lain (William Wordsworth)*

## SANWACANA

Puji dan syukur Penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Karakterisasi Bahan Anti *Browning* dari Ekstrak Air Buah Jambu Batu (*Psidium guajava* L.) pada Buah Apel Malang (*Malus sylvestris* (L.) Mill.)**”.

Penulis menyadari banyak sekali pihak yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya skripsi ini. Dengan terselesainya skripsi ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Ir. Zulkifli, M.Sc., selaku Pembimbing utama yang telah dengan sabar memberi masukan, saran, membimbing dan semangat selama penulis melaksanakan penelitian hingga menyelesaikannya skripsi ini.
2. Ibu Dra. Martha L. Lande, M.P., selaku Pembimbing kedua yang dengan sabar membimbing, memberi perhatian, dan membagi ilmu serta membantu penulis selama melaksanakan penelitian hingga menyelesaikannya skripsi ini.
3. Ibu Dr. Endang Nurcahyani M. Si., selaku Pembahas atas segala bimbingan, saran, kritik selama penulis melaksanakan penelitian hingga menyelesaikannya skripsi ini.
4. Bapak Ir. Salman Al Farisi M. Si., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan dukungan dan semangat serta arahan selama masa studi.



5. Ibu Dra. Nuning Nurcahyani, M. Sc., selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Prof. Warsito.S.Si., DEA., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak dan Ibu Dosen yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas ilmu yang telah diberikan selama masa studi.
8. Ibu dan Ayahanda yang tercinta yang selalu kuhormati dan yang selalu menasehatiku agar tetap tabah, kuat dan tawakal dalam menuntut ilmu sampai terselesainya skripsi ini.
9. Adik-adiku tersayang Oktarini Husaini dan Indah Purnamasari Husaini yang selalu memberi semangat dan motivasi.
10. Kepada teman terbaikku selama ini Rizani Oktanisyah Putra terima kasih atas doa, motivasi, nasihat, bantuan dan semangat yang telah diberikan.
11. Kepada Sahabat-sahabatku tersayang Silvia Andriani, Iffa Affiqa Khairani, dan Nuraeni Prija Agustina yang telah menjadi tempat curahan penulis dan yang selalu memberi semangat, bantuan serta nasihat positif kepada penulis.
12. Kepada teman-teman seperjuangan selama penelitian Rizka Devi, Herta Manulang, Dini Ambarwati, Karlisa Anggraini, Gia Kerlin, Ade silvinia, dan Sabti Martini terima kasih untuk kerja samanya.
13. Kepada teman-teman sekelas Biologi kelas B 2013 tercinta yang penulis sayangi terimakasih atas kekeluargaan yang terjalin selama ini semoga sukses selalu untuk kita semua.

14. Kepada teman-teman seangkatan Biologi 2013 terimakasih atas kekeluargaan yang terjalin selama ini semoga sukses selalu untuk kita semua.
15. Kepada seluruh keluarga besar HIMBIO FMIPA Universitas Lampung terimakasih atas kekeluargaan yang terjalin selama ini semoga sukses selalu untuk kita semua.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan didalam penyusunan karya ini dan jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga karya yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Bandar Lampung, Maret 2017

Penulis,

*Okhtarina Husaini*

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang dan Masalah .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	3
C. Manfaat Penelitian .....	3
D. Kerangka Pikir .....	4
E. Hipotesis .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Deskripsi Tanaman Apel Malang .....	7
1. Klasifikasi.....	7
2. Morfologi .....	7
3. Kandungan Gizi dan Manfaat .....	10
B. Deskripsi Tanaman Jambu Batu .....	11
1. Klasifikasi.....	11
2. Morfologi .....	11
3. Kandungan Gizi dan Manfaat .....	13
C. Enzim Polifenol Oksidase (PPO).....	14
D. Enzim Dehidrogenase .....	15
E. Metabolit Sekunder dalam Jambu Batu .....	17
F. Senyawa Kimia Sintetis Anti <i>Browning</i> .....	18
G. Karbohidrat Terlarut Total .....	25
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
A. Tempat dan Waktu.....	27



B. Alat dan Bahan .....	27
C. Rancangan Percobaan.....	27
D. Variabel dan Parameter .....	28
E. Pelaksanaan .....	29
1. Penyiapan Satuan Percobaan .....	29
2. Penyiapan Ekstrak Buah Jambu Batu .....	29
3. Pemberian Perlakuan .....	30
4. Pengukuran Parameter .....	30
4.1 Indeks <i>Browning</i> .....	30
4.2 Kandungan Karbohidrat Terlarut Total .....	31
4.2.1 Pembuatan Kurva Standar Glukosa.....	32
4.2.2 Identifikasi Gula Pereduksi .....	32
4.3 Penentuan Aktivitas Enzim Dehidrogenase .....	32
F. Analisis Data .....	33

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil.....	34
1. Warna Permukaan Daging Buah .....	34
2. Indeks <i>Browning</i> .....	36
3. Kandungan Karbohidrat Terlarut Total .....	39
4. Level Gula Pereduksi.....	41
5. Penentuan Aktivitas Enzim Dehidrogenase.....	42
B. Pembahasan.....	46

#### V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan .....	50
B. Saran .....	50

#### DAFTAR PUSTAKA

#### LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Buah apel Malang ( <i>Malus sylvestris</i> (L.) Mill).....	9
2. Buah jambu Batu ( <i>Psidium guajava</i> Linn) .....	12
3. Reaksi enzimatis dari PPO .....	15
4. Struktur kimia tanin .....	17
5. Struktur kimia fenol .....	17
6. Struktur kimia flavonoid .....	17
7. Struktur kimia terpenoid .....	18
8. Struktur kimia glikosida.....	18
9. Struktur kimia saponin .....	18
10. Buah Acai ( <i>Euterpe oleracea</i> Mart .....	23
11. Buah Grapefruit ( <i>Citrus paradisi</i> Macf) .....	24
12. Buah Superberry ( <i>Vitis vinifera</i> L) .....	24
13. Buah Baobab ( <i>Adansonia digitata</i> L.) .....	24
14. Buah Cranberry ( <i>Vaccinium macrocarpon</i> Ait) .....	24
15. Susunan satuan percobaan setelah pengacakan.....	28
16. Warna permukaan daging buah apel Malang setelah 72 jam dalam air dan asam sitrat 2% b/v .....	34
17. Warna permukaan daging buah apel Malang setelah 72 jam dalam asam sitrat 2% b/v dan ekstrak buah jambu batu .....	35

18. Grafik batang hubungan antara konsentrasi ekstrak buah jambu batu dengan indeks <i>browning</i> buah apel Malang .....	37
19. Kurva hubungan antara konsentrasi ekstrak buah jambu batu dengan indeks <i>browning</i> buah apel Malang .....	37
20. Kurva Hubungan antara konsentrasi ekstrak buah jambu batu dengan kandungan karbohidrat terlarut total (mg/g jaringan) .....	40
21. Uji Benedict level gula pereduksi buah apel Malang .....	42
22. Kurva Hubungan antara konsentrasi ekstrak buah jambu batu dengan terhadap aktivitas enzim dehidrogenase .....	44
23. Uji aktivitas enzim dehidrogenase buah apel Malang .....	45
24. Kurva Standar Glukosa .....	65
25. Susunan satuan percobaan pada buah apel Malang .....	65
26. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian.....	66
27. Penyiapan pembuatan ekstrak buah jambu batu .....	66
28. Jumlah daging buah jambu batu yang akan diekstrak .....	66
29. Jumlah daging buah jambu batu yang akan diekstrak .....	67
30. Air, larutan asam sitrat dan ekstrak air buah jambu batu berbagai konsentrasi .....	67
31. Perendaman buah apel Malang .....	67
32. Perendaman ekstrak buah apel untuk uji gula pereduksi .....	68
33. Pembuatan kurva standar glukosa .....	68
34. Uji gula pereduksi .....	68
35. Uji indeks <i>browning</i> .....	68
36. Uji kandungan karbohidrat terlarut total .....	68
37. Sampel ekstrak yang dicentrifuge .....	69
38. Uji aktivitas enzim dehidrogenase .....	69



39. Hasil uji aktivitas enzim dehidrogenase .....	69
40. Hasil uji indeks <i>browning</i> .....	69
41. Hasil uji kandungan karbohidrat terlarut total .....	70
42. Hasil uji gula pereduksi .....	70
43. Susunan masing – masing perlakuan buah apel Malang .....	70
44. Buah apel Malang yang mengalami <i>browning</i> .....	71
45. Buah apel Malang yang tidak mengalami <i>browning</i> .....	71

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan gizi buah apel .....	10
2. Kandungan gizi buah jambu .....	13
3. Bahan alami anti <i>browning</i> .....	23
4. Jumlah daging buah jambu batu yang diekstrak .....	30
5. Uji lanjut (Uji Levene) indeks <i>browning</i> buah apel Malang .....	37
6. Uji lanjut (Uji Levene) kandungan karbohidrat terlarut total buah apel Malang .....	39
7. Level gula pereduksi .....	41
8. Uji lanjut (Uji Levene) aktivitas enzim dehidrogenase buah apel Malang .....	43
9. Efek asam sitrat 2% b/v terhadap <i>browning</i> buah apel Malang .....	46
10. Efek ekstrak air buah jambu batu dengan konsentrasi 25% v/v terhadap <i>browning</i> buah apel Malang .....	47
11. Rata-rata, standar deviasi, ragam, standar eror dan koefisien keragaman .....	56
12. F-Test dan t-Test kontrol air vs kontrol asam sitrat .....	56
13. Uji homogenitas ragam (Uji Levene) .....	57
14. Analisi ragam .....	58
15. Rata-rata, standar deviasi, ragam, standar eror dan koefisien keragaman .....	59

16. F-Test dan t-Test kontrol air vs kontrol asam sitrat .....	59
17. Uji homogenitas ragam (Uji Levene) .....	60
18. Analisi ragam .....	61
19. Rata-rata, standar deviasi, ragam, standar eror dan koefisien keragaman .....	62
20. F-Test dan t-Test kontrol air vs kontrol asam sitrat .....	62
21. Uji homogenitas ragam (Uji Levene) .....	63
22. Analisi ragam .....	64

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang dan Masalah

Apel (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) adalah tanaman yang berasal dari daerah Asia Barat. Tanaman ini hidup pada daerah beriklim subtropis dengan temperatur atau kondisi udara yang dingin. Di Indonesia apel mulai dibudidayakan sejak tahun 1934 hingga saat ini. Salah satu wilayah di Indonesia yaitu kota Malang yang menghasilkan banyak buah apel. Kota Malang memiliki iklim yang sangat cocok untuk penanaman dan pembudidayaan buah apel. Buah apel merupakan buah yang tergolong populer diseluruh dunia karena mempunyai rasa yang sangat menyegarkan. Buah apel memiliki nilai penting dalam segi ekonomi dan mempunyai kandungan gizi yang baik untuk kesehatan (Soelarso, 1997).

Permasalahan yang sering terjadi selama penyimpanan buah apel pada jangka waktu yang lama yaitu daging buah apel akan berubah menjadi warna kecokelatan (*Browning*). Hal ini dapat menyebabkan kerugian ekonomi. Daging buah apel mengalami perubahan warna menjadi coklat melalui oksidasi enzimatis senyawa fenolik primer selama masa penyimpanan tersebut. Oksidasi enzimatis merupakan beberapa jenis enzim yang mampu menghasilkan radikal bebas dalam jumlah yang cukup besar, dimana radikal

bebas merupakan molekul yang kehilangan satu buah elektron dari pasangan elektron bebasnya. Perubahan warna pada buah apel ini dapat terjadi karena ketidakseimbangan antara proses oksidatif dan reduktif metabolisme dalam buah yang menyebabkan oksigen menjadi reaktif, hal ini dapat menyebabkan hilangnya tekstur dan rasa pada buah yang mengalami *browning* (Christin *et al.*, 2007).

Pencokelatan (*Browning*) merupakan perubahan kecokelatan pada buah yang terjadi akibat proses enzimatik oleh polifenol oksidase. Secara umum perubahan *browning* sering terjadi pada buah-buahan seperti pisang, pear, salak, pala, dan apel. Perubahan *browning* ini terbagi menjadi dua yaitu secara enzimatik dan secara non enzimatik. Sayur dan buah dapat mengalami *browning* jika terkelupas atau dipotong. *Browning* ini merupakan proses pembentukan pigmen berwarna kuning yang akan segera berubah menjadi cokelat gelap (Rachmawan, 2001).

Pencegahan *browning* telah banyak dilakukan dengan menggunakan penambahan bahan-bahan kimia sintetis seperti bisulfid, asam sitrat, asam askorbat, asam benzoat dan kalsium klorida sebagai senyawa anti *browning* pada berbagai jenis buah-buahan dan sayur-sayuran. Namun, penggunaan bahan kimia sintetis sebagai anti *browning* telah dilarang karena dapat menyebabkan asmaatik dan efek samping bagi kesehatan pada konsumen. Penggunaan bahan – bahan alami lebih efektif dalam mencegah *browning* pada buah-buahan dan sayur-sayuran dibanding bahan kimia sintetis (Sappers dan Miller, 1992).

Proses *browning* ini memerlukan enzim polifenol oksidase dan oksigen untuk berhubungan dengan substrat tersebut. Enzim polifenol oksidase merupakan enzim oksireduktase yang mengandung tembaga (Cu) yang berperan dalam proses melanisasi. Enzim polifenol oksidase akan mengubah senyawa fenol dengan bantuan oksigen menjadi melanin berwarna coklat yang menyebabkan buah tersebut mengalami *browning*. Enzim-enzim yang dikenal yaitu fenol oksidase, polifenol oksidase, fenolase/polifenolase, enzim-enzim ini bekerja secara spesifik untuk substrat tertentu (Winarno, 2002).

Berdasarkan penelitian Thipnate dan Sukhonthara (2015) buah jambu batu mempunyai nilai polifenol dan kapasitas antioksidan yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan alami pencegah *browning* pada buah apel. Buah jambu batu juga mengandung metabolit sekunder yang merupakan senyawa atau zat tambahan yang terlibat dalam proses metabolisme. Metabolit sekunder yang terdapat pada jambu biji seperti senyawa tanin, fenol, flavonoid, terpenoid dan glikosida yang merupakan inhibitor dari enzim Polifenol Oksidase (PPO) penyebab *browning* pada buah-buahan.

## **B. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk membuktikan bahwa ekstrak air buah jambu batu dapat menghambat *browning* pada buah apel malang.
2. Untuk membandingkan karakteristik efek anti *browning* ekstrak air buah jambu batu dengan asam sitrat 2% b/v terhadap buah apel malang.

3. Untuk mengetahui pengaruh ekstrak air buah jambu batu dan asam sitrat 2% b/v terhadap indeks *browning*, kandungan karbohidrat terlarut total dan aktivitas enzim dehidrogenase pada buah apel malang.

### C. Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Memberikan kontribusi bagi peneliti terutama dalam upaya mendapatkan metabolit sekunder spesifik yang berasal dari daging buah jambu batu yang dapat menghambat *browning* pada buah-buahan.
2. Dapat dijadikan landasan bagi pengembangan bahan-bahan alami yang berasal dari tumbuhan sebagai pengganti anti *browning* bahan-bahan kimia yang sering kali memiliki efek samping bagi kesehatan.
3. Dari segi teknologi pasca panen hasil penelitian ini diharapkan dapat diterapkan dalam upaya meningkatkan kualitas pada buah apel malang.

### D. Kerangka Pikir

Buah apel Malang (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) merupakan buah yang sangat mudah mengalami *browning*. Reaksi *browning* menyebabkan permukaan buah apel malang ini menjadi berwarna coklat sehingga dapat menurunkan kualitas buah apel malang. Derajat *browning* sangat bergantung pada kandungan fenol, aktivitas enzim polifenol oksidase dan konsentrasi oksigen, jika kandungan fenol dan aktivitas enzim polifenol oksidase tinggi maka derajat *browning* yang dihasilkan juga tinggi dan sebaliknya jika kandungan fenol dan aktivitas enzim polifenol oksidase rendah maka derajat *browning*



yang dihasilkan juga akan rendah. Aktivitas enzim polifenol oksidase sangat bergantung dengan konsentrasi oksigen, karena oksigen yang akan mengubah senyawa fenol menjadi melanin berwarwa coklat.

Berbagai senyawa kimia sintetis seperti bisulfid, asam sitrat, asam askorbat, asam benzoat dan kalsium klorida telah digunakan sebagai senyawa anti *browning* pada berbagai jenis buah-buahan dan sayur-sayuran. Namun penggunaan senyawa kimia sintetis sebagai anti *browning* mulai mendapat perhatian serius karena berimplikasi buruk kepada kesehatan manusia. Untuk itu diperlukan upaya untuk mengembangkan senyawa anti *browning* alami yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti ekstrak buah-buahan, ekstrak kulit buah serta ekstrak umbi.

Pada beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak tumbuhan dapat mencegah *browning* diantaranya yaitu ekstrak buah jambu batu. Ekstrak buah jambu batu cukup efektif mencegah terjadinya *browning* pada buah-buahan yang mudah mengalami *browning* seperti apel. Dalam kaitannya dengan *browning* pada buah, salah satu pertanyaan yang muncul yaitu seberapa efektif senyawa alami dibanding senyawa kimia sintetis dalam mencegah *browning*. Ekstrak alami buah-buahan mengandung berbagai macam metabolit sekunder yang dapat berpotensi sebagai inhibitor enzim polifenol oksidase. Untuk menjawab pertanyaan tersebut maka upaya yang dilakukan adalah dengan membandingkan indeks *browning* yang diberi perlakuan senyawa kimia sintesis dan yang diberi perlakuan bahan-bahan alami. Disamping itu juga hal lain yang dibandingkan yaitu karakteristik anti

*browning* bahan kimia sintetis dengan bahan-bahan alami dalam hal efektivitasnya terhadap parameter kualitas buah seperti kandungan karbohidrat terlarut total dan aktivitas enzim dehidrogenase. Dalam penelitian ini asam sitrat 2% b/v digunakan sebagai pembanding efektivitas ekstrak buah jambu batu dalam mencegah *browning* pada buah apel malang.

### E. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah :

1. Ekstrak air buah jambu batu lebih efektif dalam mencegah *browning* pada buah apel malang dibandingkan dengan asam sitrat 2% b/v.
2. Efek ekstrak air buah jambu batu memiliki karakteristik yang berbeda dengan asam sitrat 2% b/v dalam menghambat *browning* pada buah apel malang.
3. Indeks *browning*, kandungan karbohidrat terlarut total dan aktivitas enzim dehidrogenase buah apel malang kontrol berbeda dengan buah apel malang perlakuan.

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1$$

$$H_1 : \mu_0 > \mu_1$$

$\mu_0$  : nilai tengah buah apel kontrol

$\mu_1$  : nilai tengah buah apel perlakuan

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Deskripsi Tanaman Apel Malang

#### 1. Klasifikasi

Divisio : Magnoliophyta

Classis : Magnoliopsida

Subclassis : Rosidae

Ordo : Rosales

Familia : Rosaceae

Genus : *Malus*

Species : *Malus sylvestris* (L.) Mill.

(USDA, Natural Resource Conservation Service 2016)

#### 2. Morfologi

Soelarso, 1997 menjelaskan morfologi tanaman apel sebagai berikut :

##### a. Akar

Tanaman apel ini mempunyai akar tunggang dan akar serabut yang berasal dari stek dan rundukan tunas akar. Akar tersebut tumbuh lurus atau vertikal menuju ke bawah tanah.

Akar ini berfungsi sebagai penegak tanaman, penghisap air dan unsur hara didalam tanah. Akar ini menembus jauh kedalam lapisan tanah yang keras agar tanaman dapat terus tumbuh dan hidup.

**b. Batang**

Tanaman apel mempunyai batang yang keras dan kuat, dengan kulit kayu yang cukup tebal dan berwarna kecoklatan sampai kuning keabu-abuan. Batang tanaman apel ini bercabang-cabang dengan pertumbuhan lurus dan tidak memiliki ranting. Tinggi batang pada tanaman apel dapat mencapai 7-10 meter.

**c. Daun**

Daun tanaman apel berbentuk lonjong dengan lebar tidak menentu tergantung varietasnya. Ujung daun tanaman apel berbentuk runcing dengan pangkal daun yang tumpul, tepi daun bergerigi dari ujung daun hingga pangkal daun. Permukaan daun tanaman apel bergelombang, bagian bawah daun berbulu dan sisi daun melipat ke bawah dan ada pula yang melipat ke atas tergantung pada varietasnya.

**d. Bunga**

Bunga pada tanaman apel bertangkai pendek, menghadap keatas, bertandan dan setiap tandannya terdapat 7-9 bunga.

Bunga pada tanaman apel ini tumbuh pada ketiak daun, mahkotanya berwarna putih sampai merah jambu dan berjumlah 5 helai. Bunganya menyelubungi benang sari pada daun buah.

Pada bagian bunga terdapat putik dan benang sari dengan jumlah yang bervariasi.

#### e. Buah

Buah tanaman apel berbentuk bulat sedikit lonjong dan pada bagian pucuk buah memiliki sedikit lekukan. Kulit buah apel sangat tipis, dengan permukaan sedikit kasar dan berwarna hijau hingga berwarna merah mengkilat. Daging buah apel berwarna putih kekuningan dan terdapat biji didalam daging buah tersebut. Biji apel berbentuk panjang dengan ujung yang runcing berwarna kecoklatan. Rasa daging buah sangat manis dan banyak mengandung air.



**Gambar 1.** Buah apel malang (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) (Soelarso, 1997).

### 3. Kandungan gizi dan manfaat

Buah apel memiliki kandungan serat senyawa pektin dan mengandung berbagai zat gizi seperti kalsium, fosfor, besi, kalium, karbohidrat, lemak, protein, niacin, riboflavin, vitamin A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub> dan vitamin C. Kandungan serat yang dimiliki oleh

buah ini bermanfaat baik untuk orang yang sedang diet karena serat dapat mencegah lapar. Serat juga berguna untuk mengikat lemak dan kolesterol jahat di dalam tubuh. Buah apel juga mengandung senyawa fitokimia, seperti antioksidan yang berfungsi untuk melawan radikal bebas. Antioksidan juga berfungsi untuk menekan jumlah kolesterol jahat dalam tubuh yang dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh darah. Selain itu, apel juga mempunyai kandungan lain seperti tanin yang berfungsi membersihkan dan menyegarkan mulut, boron yang berfungsi mempertahankan jumlah hormon estrogen dalam tubuh seorang wanita, flavonoid yang berfungsi menurunkan resiko kanker, asam D-glucaric dan asam tartar yang berfungsi dapat menyehatkan saluran pencernaan serta membunuh bakteri jahat yang ada dalam saluran pencernaan (Hastomo, 2013).

Menurut Departemen Pertanian (2009) kandungan gizi dalam 100 gr buah apel dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kandungan gizi buah apel

No.	Nama Zat Gizi	Satuan	Kandungan
1	Energi	Kalori	58,00
2	Protein	Gram	0,30
3	Lemak	Gram	0,40
4	Karbohidrat	Gram	14,90
5	Kalsium	Miligram	6,00
6	Fosfor	Miligram	10,00
7	Vitamin B1	Miligram	0,04
8	Vitamin B2	Miligram	0,03
9	Vitamin C	Miligram	5,00
10	Vitamin A	RE	24,00
11	Niacin	Miligram	0,10
12	Besi	Miligram	1,30
13	Serat	Gram	0,70

Soelarso, 1997 juga menjelaskan manfaat dari buah apel yaitu sebagai berikut :

- a. Mengeluarkan racun yang ada di dalam tubuh.
- b. Menjaga kestabilan hormon dan sistim daya tahan tubuh
- c. Mengurangi stres, meningkatkan konsentrasi dan produktivitas.
- d. Memperbaiki kualitas tidur
- e. Mengurangi manifestasi alergi seperti asma, gatal, dan sinusitis.
- f. Melancarkan peredaran darah dan sistim saraf.

## **B. Deskripsi Tanaman jambu batu**

### **1. Klasifikasi**

Divisio	: Magnoliophyta
Classis	: Magnoliopsida
Ordo	: Myrtales
Familia	: Myrtaceae
Genus	: <i>Psidium</i>
Species	: <i>Psidium guajava</i> L.

(Natural Resource Conservation Service, 2016)

### **2. Morfologi**

Tanaman jambu batu merupakan tanaman asli Indonesia. Seiring dengan berjalannya waktu, tanaman jambu batu menyebar diberbagai negara seperti negara Thailand, Jepang, Malaysia dan Australia. Tanaman jambu batu ini umumnya tumbuh pada tanah



yang gembur dan liat, tempat terbuka dan tempat yang banyak mengandung air. Tanaman jambu batu juga dapat tumbuh secara liar dan dapat ditemukan dengan tinggi 1-1200 m (Hapsoh dan Hasanah, 2011).

Tanaman jambu batu mempunyai batang yang berkayu, kulit batangnya mengelupas dan licin, bercabang, dan berwarna coklat. Daun tanaman ini berwarna hijau, berdaun tunggal, ujungnya tumpul, pangkal daunnya membulat, tepi daun rata berhadapan, dan pertulangan daun menyirip berwarna hijau kekuningan. Bunga tanaman jambu batu ini merupakan bunga tunggal yang terletak diketiak daun, bertangkai, dan kelopak bunganya berbentuk corong. Mahkota bunganya berbentuk bulat telur, benang sarinya pipih berwarna putih kekuningan. Buah jambu batu ini berbentuk bulat seperti telur dengan biji-bijinya yang kecil dan keras yang terdapat didalam daging buah. Daging buah jambu batu berwarna merah (Venant, 2004).



**Gambar 2.** Buah jambu batu (*Psidium guajava* L.)

### 3. Kandungan gizi dan manfaat

Buah jambu batu sangat kaya akan vitamin C bahkan kandungan vitamin C nya lebih tinggi dari buah jeruk dan buah kiwi yang disebut sebagai rajanya vitamin C. Buah jambu batu ini mengandung mineral seperti mangan dan magnesium serta mengandung asam amino esensial seperti tryptopan. Kandungan gizi dalam 100 gram buah jambu batu dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kandungan gizi buah jambu

No.	Nama Zat Gizi	Kandungan
1.	Energi	49 kal
2.	Protein	0,9 g
3.	Lemak	0,3 g
4.	Karbohidrat	12,2 g
5.	Serat	5,6 g
6.	Kalsium	14 mg
7.	Fosfor	28 mg
8.	Zat Besi	1,1 mg
9.	Vitamin A	25 IU
10.	Vitamin B1	0,02 mg
11.	Vitamin C	87 mg
12.	Air	86 mg

Sumber : (Departemen Pertanian, 2009)

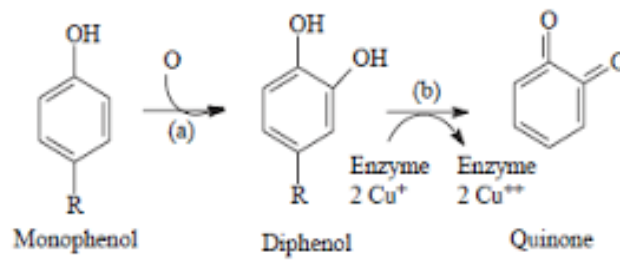
Tanaman jambu batu mempunyai manfaat baik pada buah, kulit, akar, daunnya. Buah jambu batu ini dapat dimakan sebagai buah

segar, dapat diolah sebagai makanan dan minuman, dapat dijadikan sebagai pengobatan bermacam-macam penyakit diantaranya seperti memperlancar pencernaan, menurunkan kolesterol, antioksidan, menghilangkan rasa lelah dan lesu, mengobati penyakit demam berdarah, dan sariawan. Buah jambu batu yang masih muda juga dapat dijadikan obat untuk menyembuhkan penyakit disentri, keputihan, kurap, diare, pingsan, radang lambung, gusi bengkak, peradangan mulut dan kulit terbakar sinar matahari (Cahyono, 2010).

### C. Enzim Polifenol oksidase (PPO)

Enzim polifenol oksidase merupakan salah satu enzim yang dapat menyebabkan *browning* pada buah-buahan dan sayur-sayuran. Enzim ini mengkatalis konversi komponen fenolik menjadi melanin yang berwarna coklat. Enzim-enzim lain yang mengkatalisis oksidasi dalam proses *browning* dikenal dengan berbagai nama yaitu fenol oksidase, polifenol oksidase (PPO), fenolase atau polifenolase yang masing-masing bekerja secara spesifik untuk substrat tertentu (Winarno, 2002). Enzim polifenol oksidase ini aktif pada pH 3 hingga 8,5. Aktivitas maksimum enzim polifenol oksidase yaitu pada pH 7 (Weller *et al.*, 2007; Variyar *et al.*, 2008).

Reaksi enzimatik oleh PPO digambarkan oleh Quieroz *et al.*, (2008) yang dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Reaksi enzimatik dari PPO (Quieroz *et al.*, 2008).

Sementara itu Kavya (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*.

#### D. Enzim Dehidrogenase

Enzim oksidoreduktase merupakan enzim yang dapat mengkatalisis reaksi oksidasi atau reduksi suatu bahan. Reaksi oksidasi-reduksi, meliputi reaksi pemindahan elektron, hidrogen atau oksigen. Dalam golongan enzim ini terdapat 2 macam enzim yang paling utama yaitu oksidase dan dehidrogenase. Oksidase adalah enzim yang mengkatalisis reaksi antara substrat dengan molekul oksigen. Dehidrogenase adalah enzim yang aktif dalam pengambilan atom hidrogen dari substrat. Contoh enzim dehidrogenase yaitu : alkohol

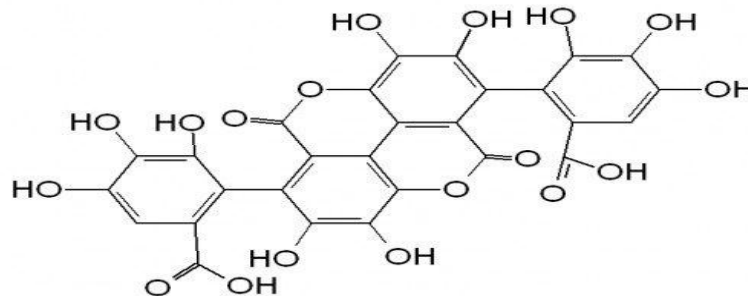
dehidrogenase dan glutamat dehidrogenase dan contoh enzim oksidase yaitu : glukosa oksidase dan glisin Oksidase (Winarno, 2002).

Enzim dehidrogenase adalah enzim yang dapat mengkatalisis pengeluaran hidrogen dari substrat tetapi tidak dapat menggunakan oksigen sebagai akseptor hidrogen yang dilepaskannya. Pada peristiwa-peristiwa oksidasi biologis, atom hidrogen yang dilepas dari suatu substrat oleh enzim dehidrogenase biasanya ditangkap NAD<sup>'</sup> atau NADP<sup>'</sup>. Enzim dehidrogenase yang berperan penting pada pengadaan energi dalam tubuh umumnya menggunakan NAD<sup>'</sup> sebagai akseptor Hidrogen yang dilepaskannya. Pada keadaan aerobik reduksi dari NAD<sup>'</sup> tersebut akan diikuti oleh pemindahan hidrogen dan elektron melalui flavoprotein, koenzim Q, sistem sitokrom, akhirnya ke oksigen dan terbentuk H<sub>2</sub>O (Febianti, 2017).

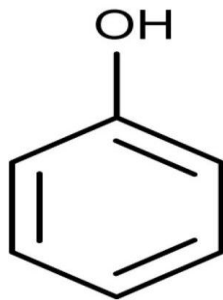
Rangkaian reaksi redoks ini dikenal sebagai rantai transpor elektron atau rantai respirasi dan terjadi di dalam mitokondria. Energi yang di lepas pada rangkaian reaksi redoks tersebut akan ditangkap oleh ADP dan Pi sehingga terbentuk ATP (tanpa melalui NAD<sup>'</sup>), sebagai akseptor hidrogen yang dilepaskannya dan seterusnya ke koenzim Q, sistem sitokrom lalu ke oksigen sampai terbentuk H<sub>2</sub>O. Enzim suksinat dehidro-genase ini bekerja pada salah satu tahap reaksi siklus Krebs. Sesuai dengan namanya; enzim ini mengubah suksinat, dengan jalan melepas 2 atom hidrogen, membentuk fumarat (Febianti, 2017).

### E. Metabolit sekunder dalam jambu batu

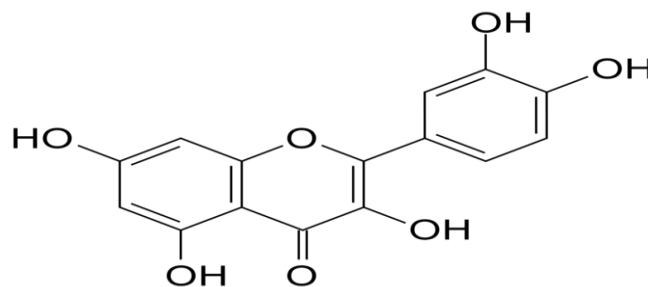
Ekstrak etanol dan metanol daun jambu batu mengandung tanin, fenol, flavonoid, terpenoid dan glikosida. Ekstrak air daun jambu batu mengandung semua senyawa aktif diatas termasuk saponin (Biswas *et al.*, 2013). Struktur kandungan metabolit sekunder dalam buah jambu batu dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.



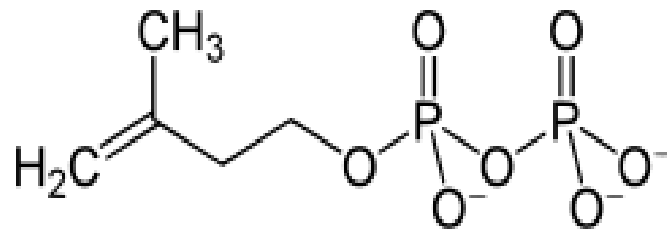
**Gambar 4.** Struktur kimia tanin (Harborne, 1987).



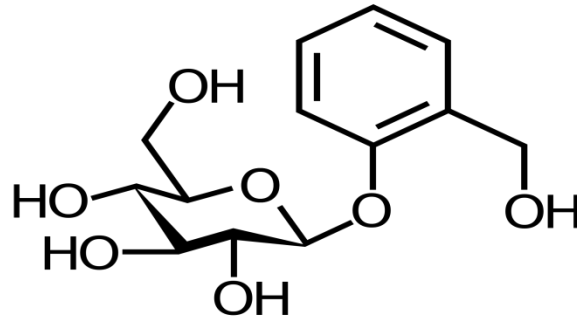
**Gambar 5.** Struktur kimia fenol (Nair et al, 2008).



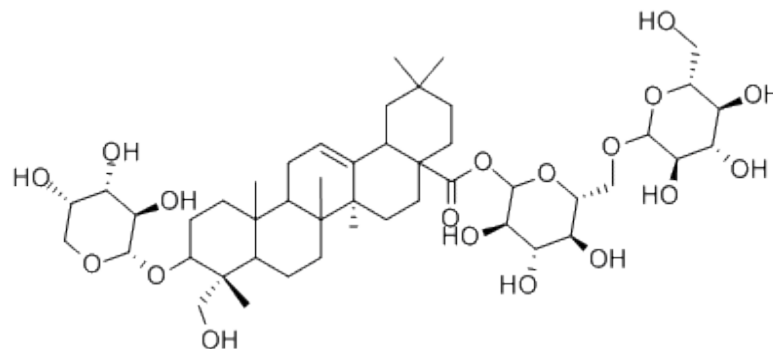
**Gambar 6.** Struktur kimia flavonoid (Robinson, 1995).



**Gambar 7.** Struktur kimia terpenoid (Sinulingga, 2011).



**Gambar 8.** Struktur kimia glikosida (Robinson, 1995).



**Gambar 9.** Struktur kimia saponin (Wawolumaya, 2012).

## F. Senyawa kimia sintetis anti *browning*

Pencegahan *browning* dapat dilakukan baik dengan perlakuan fisik seperti (pemanasan, pendinginan, pembekuan, tekanan tinggi, irradiasi, dan lain-lain) maupun dengan perlakuan kimia (pereduksi, pengkelat, asidulan, penghambat enzim, dan agen pengkompleks). Perlakuan fisik maupun perlakuan kimia untuk mencegah *browning*



pada buah - buahan dan sayur-sayuran sebaiknya tidak mempengaruhi tekstur, rasa, dan aroma (Marshal *et al.*, 2000).

Efek senyawa anti *browning* terhadap fenolik total, aktivitas PPO, dan *browning* telah diteliti oleh Jeong *et al.*, (2008) pada potongan segar buah apel Fuji. Dalam penelitian Jeong *et al.*, (2008) bahan anti *browning* yang digunakan adalah air berklorin (0,01% v/v), larutan sistein (0,5 % v/v) dan larutan asam askorbat (0,5% v/v). Sampel potongan buah apel yang telah diberi perlakuan senyawa anti *browning* disimpan pada tempat gelap pada temperature 4°C selama 7 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Indeks *browning* perlakuan air berkorelasi dengan aktifitas PPO dan perubahan warna, sedangkan perlakuan sistein dan asam askorbat tidak berkorelasi dengan aktivitas PPO dan degradasi warna.

Menurut Rocha *et al.*, (2005) efek asam askorbat, asam sitrat, dan kalium klorida terhadap polifenol oksidase dan kandungan fenolik pada buah apel diproses minimal dan disimpan pada suhu dingin. Perendaman potongan buah apel dalam larutan asam sitrat 1% b/v selama 5 menit cukup efektif menghambat aktivitas enzim PPO. Perubahan warna yang terjadi berdasarkan absorbansi pada panjang gelombang 420 nm, berkorelasi dengan kandungan fenolik total namun tidak ada korelasi antara aktifitas PPO dengan indeks *browning* atau kandungan fenolik total pada potongan buah apel yang diberi perlakuan asam askorbat.

Senyawa kimia sintetis yang digunakan untuk anti *browning* yaitu seperti sulfit, asam sitrat, asam askorbat dan kalsium klorida.

a. Sulfit

Sulfit dapat mencegah terjadinya *browning* secara enzimatik maupun non enzimatik selain itu sulfit juga berperan sebagai pengawet. Pada saat terjadi *browning* non enzimatik sulfit dapat berinteraksi dengan gugus karbonil yang akan mengikat melanoidin sehingga mencegah timbulnya warna coklat. Reaksi yang terjadi pada *browning* enzimatik sulfit yaitu mereduksi ikatan disulfida pada enzim, sehingga enzim tidak dapat mengkatalis oksidasi senyawa fenolik penyebab *browning*. Sulfit merupakan racun bagi enzim dengan menghambat kerja enzim esensial. Sulfit akan mereduksi ikatan disulfida sehingga aktivitas enzim tersebut akan terhambat (Santoso, 2006).

b. Asam sitrat

Asam sitrat merupakan senyawa intermediet dan agen pengkelat dari asam organik yang berbentuk kristal. Sifat-sifat dari asam sitrat yaitu tidak berbau, rasanya sangat asam, serta jika dipanaskan akan meleleh kemudian terurai dan selanjutnya akan terbakar sampai menjadi arang. Asam sitrat dapat larut dalam air, spiritus, dan ethanol. Asam sitrat menghambat terjadinya *browning* karena dapat mengkompleks ion tembaga yang dalam hal ini berperan sebagai katalis dalam reaksi *browning*. Selain itu, asam sitrat juga

dapat menghambat pencoklatan dengan cara menurunkan pH sehingga enzim PPO menjadi inaktif (Winarno, 2002).

Efek asam sitrat terhadap *browning* pada sayuran kol telah dilaporkan Manopoulou dan Varzakas (2011), dimana asam sitrat dapat mempertahankan kualitas sayuran kol, menurunkan *browning* dan melindungi kol dari pembentukan bintik-bintik hitam. Kombinasi asam sitrat dengan temperatur rendah memperpanjang umur kol menjadi 22 hari.

c. Asam askorbat

Asam askorbat atau vitamin C adalah antioksidan yang dapat dihasilkan secara sintetik. Umumnya asam askorbat ini ditambahkan ke daging buah sebagai antioksidan, tetapi tidak akan menambah nilai vitaminnya karena asam askorbat akan rusak oleh pemanasan (Fardiaz, 1980).

Asam askorbat merupakan salah satu senyawa yang penting dalam proses selular termasuk pembelahan dan pembesaran sel serta menghambat proses *browning* pada buah, menetralkan racun, melindungi sel dari senyawa oksigen reaktif dan radikal bebas serta mencegah kematian sel (Conklin dan Barth, 2004).

Manopoulou dan Varzakas (2011) menjelaskan efek asam askorbat terhadap *browning* pada sayuran kol. Asam askorbat mampu

mempertahankan kualitas sayuran kol selama 14 hari pada penyimpanan 0°C dan 7 hari pada 5°C.

Menurut Son *et al* (2001) aktivitas anti *browning* berbagai senyawa kimia seperti asam karboksilat, asam askorbat dan turunannya, asam amino yang mengandung sulfur, asam fenolik dan beragam senyawa lainnya telah diuji pada potongan buah apel dengan kondisi yang seragam. Diantara senyawa-senyawa yang diuji aktivitas penghambatan tertinggi terhadap *browning* pada buah apel dimiliki oleh asam oksalat, asam oksaloasetat, asam askorbat 2 fosfat, sistein, glutation, N- acetylcysteine, *kojic acid*, dan 4-*hexyl* Resorcinol. Konsentrasi minimal asam oksaloasetat, asam oksalat, sistein, dan *kojic acid* untuk aktivitas anti *browning* berturut-turut adalah 0.25, 0.05, 0.05 dan 0.05%. Asam oksalat menunjukkan efek sinergi jika 0.02% asam oksalat digunakan dengan 1% asam askorbat atau turunannya.

d. Kalsium klorida

Efek kalsium klorida terhadap *browning* sayuran kol juga telah dilaporkan oleh Manopoulou dan Varzakas (2011) kalsium klorida mampu mempertahankan kualitas sayuran kol selama 14 hari pada temperatur 0°C dan 5°C.

### G. Bahan bahan alami sebagai anti *browning*

Menurut Wessels (2014) sumber bahan-bahan alami yang berasal dari buah-buahan yang telah dijadikan sebagai bahan anti *browning* dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Bahan alami anti *browning*

Sumber ekstrak	Nama botani	Pelarut ekstrak	Merek dagang
Acai	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Air	Acai 4:1
Grapefruit	<i>Citrus paradisi</i> Macf.	Air	Grapefruit ekstrakt WS
Superberry	<i>Vitis vinifera</i> L.,	Air	Superberry 4000
Baobab	<i>Adansonia digitata</i> L.	Air	u. d.
Cranberry	<i>Vaccinium macrocarpon</i> Ait.	Air	Cranberry high PAC

Gambar bahan-bahan alami yang digunakan sebagai anti *browning* dapat dilihat pada Gambar 10, Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13 dan Gambar 14.



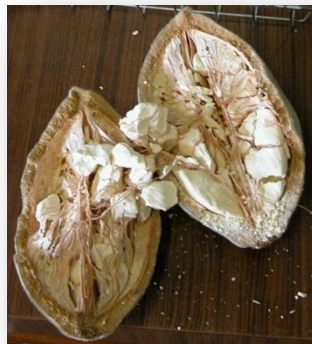
**Gambar 10.** Buah Acai (*Euterpe oleracea* Mart) (Kurniawan, 2012).



**Gambar 11.** Buah Grapefruit (*Citrus paradisi* Macf) (Georgia, 2007).



**Gambar 12.** Buah Superberry (*Vitis vinifera* L) (Pak Agri Farming, 2013).



**Gambar 13.** Buah Baobab (*Adansonia digitata* L.) (Attayaya, 2010).



**Gambar 14.** Buah Cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait) (Brown, 2006).

## H. Karbohidrat Terlarut Total

Karbohidrat merupakan senyawa yang mengandung unsur C, H, O yang terdapat pada tumbuhan hingga 75%. Rumus kimia karbohidrat adalah  $C_n(H_2O)_n$  atau  $C_nH_{2n}O_n$  (Wiratmaja, 2011). Karbohidrat berada di jaringan tumbuhan sebagai polisakarida pati dan selulosa serta berbagai gula sederhana (misalnya monosakarida, disakarida, dan oligosakarida). Sebagian besar non-polisakarida larut dalam *ethanol* dan sering disebut dengan karbohidrat terlarut dalam *ethanol*. Hal ini berkaitan dengan ekstraksi dan penentuan berdasarkan dari jumlah yang larut dalam *ethanol* hadir dalam jaringan cauli bunga. Ekstrak ini bereaksi dengan *reagen anthrone* untuk menghasilkan produk berwarna yang dapat diukur dengan tehnik standar kolorimetri (Witham *et al.*, 1986).

Beberapa kategori penting karbohidrat bagi tumbuhan yaitu pertama, karbohidrat menyediakan karbon untuk fungsi dan struktur senyawa dalam tumbuhan. Kedua, menyediakan energi yang digunakan untuk reaksi metabolisme. Ketiga, karbohidrat adalah unsur penting struktur jaringan. Tiga kategori karbohidrat yang utama adalah monosakarida, oligosakarida dan polisakarida (Witham *et al.*, 1986).

Karbohidrat telah menjadi sumber energi utama untuk metabolisme pada manusia dan sarana untuk memelihara kesehatan saluran pencernaan manusia. Karbohidrat adalah penyumbang utama dari komponen yang membentuk produk pangan baik sebagai komponen

alami maupun bahan yang ditambahkan. Karbohidrat meliputi lebih dari 90% dari berat kering tanaman. Karbohidrat banyak tersedia dan murah. Penggunaannya sangat luas dan jumlah penggunaannya cukup besar (Fennema 1996) baik untuk pemanis, pengental, penstabil, *gelling agents* dan *fat replacer* (Christian dan Vaclavik 2003).

Karbohidrat dapat dimodifikasi baik secara kimia dan biokimia dan modifikasi itu digunakan untuk memperbaiki sifat dan memperluas penggunaannya.

Total karbohidrat atau karbohidrat terlarut total menurut Badan Pengawasan Obat dan Makanan (2005) meliputi gula, pati, serat pangan dan komponen karbohidrat lain. Pernyataan jumlah total karbohidrat dalam gram penyajian yang dinyatakan dengan nilai gram terdekat, jika penyajian kurang dari 0,5 gram, jumlah kadarnya dapat dinyatakan sebagai nol dan jika penyajian lebih dari 0,5 gram dibulatkan ke kelipatan 1 gram terdekat. Total karbohidrat dalam pengukuran karbohidrat dapat digunakan dengan metode langsung yang dinyatakan dalam bentuk persen yang setara dengan glukosa. Satuan glukosa (*glucose equivalent*) juga dapat diganti dengan larutan gula lain yang dijadikan sebagai larutan standar.



### **III. METODE PENELITIAN**

#### **A. Tempat dan Waktu**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Botani Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung pada bulan Oktober - November 2016.

#### **B. Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah beaker gelas, Erlenmeyer, gelas ukur, corong, batang pengaduk, *spatulla*, tabung reaksi dan raknya, mortal dan penggerus, kertas saring Whatman No.1, tisu, pisau, pipet tetes, pipet volume, spektrofotometer, *centrifuge*, blender, cawan petri, neraca digital, tissue, label dan penggaris.

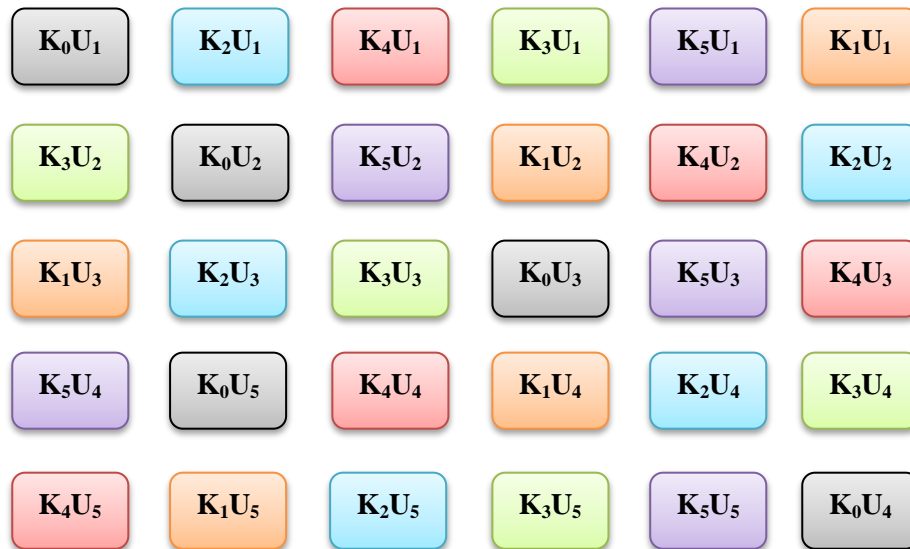
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah apel malang, buah jambu batu yang diperoleh dari supermarket di Bandar Lampung, asam sitrat, asam sulfat pekat, larutan fenol 2% b/v, aquades dan reagen benedict.

#### **C. Rancangan Percobaan**

Percobaan ini dilaksanakan dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ekstrak buah jambu batu sebagai faktor utama yang terdiri dari 6 taraf

konsentrasi :  $K_0$  (air 0% v/v),  $K_1$  (asam sitrat 2% b/v) dan 4 konsentrasi ekstrak air buah jambu batu yaitu  $K_2$  (25% v/v),  $K_3$  (50% v/v),  $K_4$  (75% v/v), dan  $K_5$  (100% v/v) setiap perlakuan diulang 5 kali sehingga jumlah satuan percobaan seluruhnya 30 potongan buah apel.

Susunan satuan percobaan pengacakan dapat dilihat pada Gambar 15.



**Gambar 15.** Susunan satuan percobaan setelah pengacakan

**Keterangan :**  $K_1 - K_5 =$  Perlakuan

$U_1 - U_5 =$  Ulangan

#### D. Variabel dan Parameter

Variabel dalam penelitian ini adalah indeks *browning*, kandungan karbohidrat terlarut total, level gula pereduksi, dan aktivitas enzim dehidrogenase.

Parameter kuantitatif dalam penelitian ini adalah indeks *browning*, kandungan karbohidrat terlarut total, dan aktivitas enzim dehidrogenase sedangkan parameter kualitatif adalah gula pereduksi.

## **E. Pelaksanaan**

Penelitian ini dilaksanakan dalam 5 tahap yaitu penyiapan satuan percobaan, penyiapan ekstrak buah jambu batu, pemberian perlakuan, pengukuran parameter, dan analisis data.

### **1. Penyiapan Satuan Percobaan**

Buah apel malang dengan tingkat kematangan dan ukuran yang relatif seragam dibelah secara membujur menjadi 4 bagian. Dari 8 buah apel malang diperoleh 32 potongan buah apel. Sebanyak 30 potongan buah apel digunakan sebagai satuan percobaan.

### **2. Penyiapan ekstrak buah jambu batu**

Ekstrak daging buah jambu batu dibuat berdasarkan penelitian Thipnate dan Sukhonthara (2015), yaitu :

Dalam 1 ml aquades 25% ekstrak daging buah jambu batu setara dengan 0,24 g basah daging buah jambu batu. Untuk merendam 5 potongan buah apel malang dibutuhkan 500 ml ekstrak buah jambu batu. Berdasarkan penjelasan di atas maka pembuatan larutan ekstrak air buah jambu batu berdasarkan konsentrasi larutan disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Jumlah daging buah jambu batu yang diekstrak

Konsentrasi ekstrak (%)	g daging buah/ml aquades	g daging buah/500ml aquades
0	0	0
25	0,24	120
50	0,48	240
75	0,72	360
100	0,96	480

### 3. Pemberian Perlakuan

Sebanyak 500 ml ekstrak jambu batu dengan konsentrasi masing masing 0% v/v (air), 25% v/v, 50% v/v, 75% v/v, dan 100% v/v dan 500 ml asam sitrat 2% b/v disiapkan dalam beaker gelas. 5 potongan buah apel yang dipilih secara acak dimasukkan kedalam masing masing beaker gelas dan dibiarkan selama 15 menit, selanjutnya potongan buah apel tersebut ditaruh dicawan petri yang telah diberi label perlakuan dan ulangan kemudian inkubasi selama 72 jam.

### 4. Pengukuran Parameter

Pengukuran parameter dilakukan 72 jam setelah buah apel malang dikeluarkan dari rendaman.

#### 4.1 Indeks *Browning*

Indeks *browning* ditentukan menurut Jeong *et al* (2008) yaitu sebanyak 1 gram daging buah apel malang di gerus sampai halus dalam mortal. Kemudian 10 ml aquades ditambahkan kedalam

gerusan daging buah apel. Ekstrak disaring kedalam tabung reaksi dengan menggunakan kertas saring Whatman No 1. kemudian tabung reaksi tersebut ditutup dengan plastik dan diikat dengan karet.

Absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm. Nilai absorbansi ekstrak daging buah apel malang merupakan indeks *browning* buah tersebut.

#### **4.2 Kandungan Karbohidrat Terlarut Total**

Kandungan karbohidrat terlarut total daging buah apel malang ditentukan berdasarkan metode fenol sulfur. Sebanyak 1 gram daging buah apel digerus sampai halus menggunakan mortal. Selanjutnya, 100 ml aquades ditambahkan kedalam gerusan daging buah apel malang. Ekstrak daging buah apel malang disaring kedalam enlenmeyer dengan menggunakan kertas saring whatman No. 1. Sebanyak 3 ml ekstrak daging buah apel Malang dipipet kedalam tabung reaksi. Kemudian 2 ml larutan  $H_2SO_4$  pekat dan 1 ml larutan fenol ditambahkan berturut – turut ke ekstrak tersebut. Tabung reaksi diinkubasi selama 15 menit sampai terbentuk warna coklat kemerahan yang menunjukkan adanya karbohidrat terlarut. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer uv pada panjang gelombang 490 nm. Absorbansi setiap ekstrak jambu batu dicatat. Kandungan karbohidrat ditentukan berdasarkan kurva standar glukosa dan dinyatakan dalam satuan mg/g jaringan (Witham *et al.*, 1980).

#### **4.2.1 Pembuatan Kurva Standar Glukosa**

Sebanyak 10 mg glukosa dilarutkan dalam 100 ml aquades. Selanjutnya 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; dan 1 ml larutan glukosa di pipet kedalam 5 tabung reaksi yang sudah diberi label konsentrasi glukosa. Volume disesuaikan menjadi 3 ml dengan menambahkan aquades. 2 ml asam sulfat pekat dan 1 ml fenol ditambahkan kesetiap tabung reaksi, diaduk rata dan diinkubasi sampai warnanya merah kecoklatan. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 490 nm. Kurva standar di plot dengan sumbu X sebagai konsentrasi dan sumbu Y sebagai absorbansi.

#### **4.2.2 Identifikasi Gula Pereduksi**

Gula pereduksi di deteksi dengan uji Benedict. 1 gram buah apel Malang ditumbuk halus dalam mortal dan ditambahkan 5 ml aquades. Ekstrak disaring dengan kertas Whatman No. 1 kedalam tabung reaksi. Kemudian kedalam tabung reaksi ditambahkan 3 ml benedict dan dipanaskan selama 10 menit. Endapan warna merah bata yang terbentuk menunjukkan adanya gula pereduksi.

#### **4.3 Penentuan Aktifitas Enzim Dehidrogenase**

Aktifitas enzim dehidrogenase diukur berdasarkan metode methylen blue (Witham *et al.*, 1986). Daging buah apel malang dipotong dadu

berukuran 1x1x1 cm, dan dimasukkan ke tabung reaksi. Larutan Methylen blue 0,025% b/v dimasukan kedalam tabung reaksi sampai penuh. Tabung reaksi ditutup rapat dengan plastik dan diikat dengan karet gelang, dan diinkubasi selama 24 jam. Perubahan warna ditentukan berdasarkan transmisi larutan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm. Sebagai kontrol adalah daging apel malang yang telah dinonaktifkan enzim dehidrogenasenya dengan cara direndam dalam air panas selama 20 menit. Aktifitas enzim dehidrogenase ditunjukkan oleh transmisi larutan methylen blue. Semakin besar transimi semakin bening larutan, maka semakin tinggi aktifitas enzim dehidrogenase.

#### **F. Analisis Data**

Homogenitas ragam ditentukan berdasarkan uji Levene pada taraf nyata 5 %. Data dianalisis ragam pada taraf nyata 5% dan dilanjutkan dengan uji BNT pada taraf nyata 5%.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah :

1. Ekstrak air buah jambu batu bersifat anti *browning* terhadap buah apel malang dengan efektivitas yang sama dengan asam sitrat 2 % b/v.
2. Ekstrak air buah jambu batu memiliki karakteristik yang berbeda dengan asam sitrat 2% b/v yang meliputi penurunan indeks *browning* dan peningkatan enzim dehidrogenase lebih besar dibandingkan asam sitrat 2 % b/v pada buah apel malang.
3. Adanya perbedaan pengaruh indeks *browning*, kandungan karbohidrat terlarut total dan aktivitas enzim dehidrogenase antara buah apel malang kontrol dengan buah apel malang yang diberi perlakuan asam sitrat 2% b/v.

### B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan uji organoleptik terhadap ekstrak air buah jambu batu pada buah apel malang dan perlu dibandingkan ekstrak air buah jambu batu dengan senyawa anti *browning* kimia lainnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Attayaya. 2010. Buah Boabob [internet]. Terdapat pada : <http://www.attayaya.net/2010/11/online-platform-of-online-forex-trading.html> diakses pada : 11 September 2016.
- Biswas, Bipul., Rogers, Kimberly., McLaughlin, Fedrick., Daniels, Dwayne., Yadav, Anand. 2013. Antimicrobial Activities of Leaf Extracts of Guava on Two Gram-Negative and Gram-Positive Bacteria. USA: Fort Valley State University.
- Brown, A.O. & McNeil, J.N. 2006. Fruit production in cranberry (Ericaceae: *Vaccinium macrocarpon*): a bet-hedging strategy to optimize reproductive effort. *American Journal of Botany* 93:910-916.
- BPOM RI. (2005). Peraturan Kepala Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK 00.05.41.1348 tentang Kriteria dan Tata Laksana Pendaftaran Obat Tradisional, Obat Herbal Terstandar dan Fitofarmaka, Jakarta : Kepala BPOM.
- Chen, Y.C., Chang, C., dan W.C, Chang. 2002. A *Reliable protocol for Plant Regeneration From Callus Cultur of Phalaenopsis. In Vitro Celluar and Developmental Biology Plant.* 36 : 420-423.
- Christin, F., Jeroen Lammertyn, Quang Tri Ho, Pieter Verboven, Bert Verlinden. Bart M. Nicolai. 2007. Browning disorders in pear fruit. *Postharvest Biology and Technology.* 43(1) : 1-13.
- Cahyono, B. 2010. Sukses Budi Daya Jambu Biji di Pekarangan dan Perkebunan. Andi, Yogyakarta.
- Conklin, P.L., Barth, C. 2004. Ascorbic Acid, A Familiar Small Molecule Intertwined In The Response Of Plants To Ozone, Patogenes, And The Onset Of Senescence. *Plant Cell And Envirotment.* 27:656-970.
- Department of Pertanian - student-research.umm.ac.id (Diakses, 10 September 2016).
- Febianti, Zahra. 2017. Cara Kerja Berbagai Macam Enzim Terdapat pada <http://zfebianti.blog.unej.ac.id>. diakses pada : 24 Februari 2017.

- Fardiaz, S. 1993. Analisis Mikrobiologi Pangan Edisi Pertama. Cetakan Pertama. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Fennema, O. R. 1996. Food Chemistry edisi ke 3. Revised and Expanded. Marcel Dekker Inc, New York.
- Hapsoh dan Hasanah, Y. 2011. *Budidaya Tanaman Obat dan Rempah*. Medan: USU Press. Halaman 17-18.
- Harborne, J.B., 1987. *Metode Fitokimia*, Edisi ke dua, ITB, Bandung.
- Harjana, Dedan. 2012. Kandungan dan Manfaat Buah Jambu Biji. Info Kesehatan. Terdapat pada : <http://manfaatnyasehat.blogspot.co.id/2013/07/kandungan-dan-manfaat-buah-jambu-biji.html?m=1>[diakses 11 September 2016].
- Hastomo. 2013. Kandungan Gizi dan Manfaat Buah Apel Bagi Kesehatan.[internet]. Terdapat pada : <http://hastomo.net/kesehatan/page/2/> diakses pada : 10 September 2016.
- Jeong, H.L., Jin,W.J., Kwang,D.M. and Kee,J.P. 2008.Effect of Anti-Browning Agents on Poyphenoloxidase Activity and Total Phenolics as Related to Browning of Fresh-Cut ‘Fuji’ Apple. *ASEAN Food Journal*. 15(1): 79-8.
- Kavya, R. 2012. Comparative studies on the inhibitors of banana peel polyphenol oxidase (PPO). *Departement of Biotechlogopy, Kumaraguru College of Technology*. Coimbatore.
- Kurniawan. 2012. Acai Berry Buah Kaya Akan Manfaat [internet]. Terdapat pada : <http://ethankurniawan.blogspot.co.id/2012/04/acai-berry-buah-kaya-manfaat.html>. diakses pada : 12 September 2016.
- Lerch K. 1981. Tyrosinase kinetics: A semi-quantitative model of the mechanism of oxidation of monohydric and dihydric phenolic substrates. In Sigel, H. (Ed.). *Metal Ions in Biology System*. 13 Marcel Dekker Inc., New York, Basel. P. 143-186.
- Manolopoulou, E and Theodoros Varzakas. 2014. Effect of Storage Conditions on the Sensory Quality, Colour and Texture of Fresh-Cut Minimally Processed Cabbage with the Addition of Ascorbic Acid, Citric Acid and Calcium Chloride. *Food and Nutrition Sciences*. 2 : 956-963.
- Marshall, M.R., Kim, J., and Wei, C.I.. 2000. Enzymatic browning in fruits, vegetable and seafoods. *FAO*. P 45.
- Nair, I. C., Jayachandran, K., Shashidhar Shankar. 2008. *Biodegradation of phenol*. African Journal of Biotechnology. Vol 7, (25), 4951-4958.

- Natural Resource and Conservation Service, USDA. 2016. Taxonomi Klasifikasi Buah Apel dan Buah Jambu Batu. Terdapat pada : <https://plants.usda.gov/java/classificationServlet?source=display&classification.html> diakses pada 10 September 2016.
- Pak Agri Farming. 2013. Production Technology (CPT) of GRAPES in Pakistan [internet]. Terdapat pada <http://pakagrifarming.blogspot.co.id/2013/02/production-technology-cpt-of-grapes-in.html> diakses pada : 10 September 2016.
- Paramita, Octavianti. 2010. Pengaruh memar terhadap perubahan pola respirasi, produksi etilen dan jaringan buah mangga (*Mangifera indica* L.) Var Gedong Gincu pada berbagai suhu penyimpanan. *Jurnal Kompetensi Teknik*. 2 (1).
- Parimin SP. 2005. *Jambu Biji Budidaya dan Ragam Pemanfaatannya*. Penebar Swadaya. Bogor. pp: 11–15.
- Queiroz, C., Lopes, M.L., Fialho, E and Valente-Mesquita, V.L. 2008. Polyphenol oxidase : characteristics and mechanisms of browning control. *Food Review International* 24: 361-375.
- Rachmawan, O. 2001. Pengeringan, Pendinginan dan Pengemasan Komoditas Pertanian. Depdiknas. Jakarta.
- Rocha, A.M.C.N.,and A.M.M.B.De Morais. 2005. Polyphenoloxidase Activity of Minimally Processed ‘Jonagored’ Apples (*Malus domestica*). *Journal of Food Processing and Preservation*. 29(1) : 8-19.
- Robinson, T. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. Edisi ke-4 Terjemahan Kosasih Padmawinata. ITB Press. Bandung.
- Santoso. 2006. *Teknologi Pengawetan Bahan Segar*. Laboratorium Kimia Pangan Fakultas Pertanian Universitas Malang.
- Sappers, G. M. and R. L. Miller. 1992. Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphates. *Journal of Food Science*. 57(5):1132-1135.
- Soelarso, Bambang. 1997. *Budi Daya Apel*. Yogyakarta : KANISIUS.
- Son, S.M., k. D. Moon, C.Y. Lee. 2001. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. *Food Chemistry*. 73 (1) : 23-30.
- Sukaria, Sinulingga. 2011. *Metode Penelitian*. Sumatra Utara : USU Press.
- The State Botanical Garden of Georgia. 2007. Citrus paradisi, Grapefruit [internet]. Terdapat pada : <http://www.discoverlife.org/ap/copyright.html>. diakses pada : 12 September 2016.

- Thipnate, Poonsiri and S. Sukhonthara. 2015. Control of Enzymatic Browning in Apple and Potato Purees by Using Guava Extract. *Silpakorn U Science & Tech J* Vol.9(2). ISSN 1905-9159.
- Variyar, P.S., M.B. Penddharkar, A. Banerje, and C. Bandyopadhyay. 1988. Blackening in green pepper berries. *Phytochemistry*. 27(3) : 715-717.
- Vaclavik, V. A. Dan Christian, E. W. 2008. *Essensial of Food Science*. 3rd ed. The University of Texas Southwestern medical Center at Dallas : Springer.
- Venant. 2004. Produk dan Khasiat Jambu Biji (*Psidium guajava L*) [internet]. Terdapat pada : <http://www.kesimpulan.com/2009/05/produk-dan-khasiat-jambu-biji-psidium.html> diakses pada : 10 September 2016.
- Wawolumaya, J.T. 2012. *Potensi Anti Bacteri pada beberapa jenis Teripang (Stichopus spp.) yang berasal dari perairan Lampung selatan*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Padjajaran Jatinangor.
- Weller, A., C.A. Sims, R.F. Matthews, R.P. Bates, and J.K. Brecht. 2007. Browning Susceptibility and Changes in Compositition during Storage of Carambola Slices. *Journal of Food Science*. 62(2) : 256-260.
- Winarno, F.G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wiratmaja, I.G. 2011. Pembuatan Etanoledisi kedua dengan memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Eucheuma cattonii* sebagai bahan baku. *Journal ilmiah teknik mesin*. Vol 5 (1) : 75-84.
- Witham and Yoshida. 1986. *Exercieses in Plant Physiology* second Edition ed. Published as: *Experiments in Plant Physiology*. America.