

**PENGARUH KALSIMUM KLORIDA TERHADAP INDEKS *BROWNING*,  
KANDUNGAN KLOROFIL, KANDUNGAN KARBOHIDRAT  
TERLARUT TOTAL, DAN LEVEL GULA PEREDUKSI  
BUAH PISANG AMBON (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*)**

**Skripsi**

**Oleh**

**MERI YULIANI**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

**PENGARUH KALSIMUM KLORIDA TERHADAP INDEKS *BROWNING*,  
KANDUNGAN KLOORIFIL, KANDUNGAN KARBOHIDRAT  
TERLARUT TOTAL, DAN LEVEL GULA PEREDUKSI  
BUAH PISANG AMBON (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*)**

**Oleh  
Meri Yuliani**

**ABSTRAK**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efek kalsium klorida terhadap *browning* buah pisang ambon. Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Botani 1, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pegetahuan Alam, Universitas Lampung pada bulan Juni 2016. Variabel dalam penelitian ini adalah indeks *browning*, kandungan klorofil a, b, dan total, serta karbohidrat terlarut total, sedangkan parameter adalah nilai tengah ( $\mu$ ) dari semua variabel. Penelitian dilaksanakan dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor utama adalah kalsium klorida dengan 6 taraf konsentrasi: 0% b/v (kontrol), 0,5% b/v, 1% b/v, 1,5% b/v, 2% b/v, dan 2,5% b/v, dan setiap perlakuan diulang 4 kali. Analisis ragam dan uji BNT dilakukan pada taraf nyata 5%. Hubungan antara konsentrasi kalsium klorida dengan variabel penelitian ditentukan berdasarkan regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan  $\text{CaCl}_2$  tidak menurunkan indeks *browning* secara signifikan, namun analisis regresi menunjukkan bahwa  $\text{CaCl}_2$  cenderung menurunkan indeks *browning* dengan persamaan  $y = -0,028x + 0,437$ ,  $R^2 = 0,947$ . Kalsium klorida tidak berpengaruh nyata terhadap klorofil a, namun analisis regresi menunjukkan  $\text{CaCl}_2$  cenderung menurunkan kandungan klorofil a dengan persamaan  $y = -0,0001x + 0,011$ ,  $R^2 = 0,428$ .  $\text{CaCl}_2$  menurunkan secara nyata kandungan klorofil b dengan persamaan  $y = -0,005x + 0,029$ ,  $R^2 = 0,996$ .  $\text{CaCl}_2$  menurunkan secara nyata kandungan klorofil total dengan persamaan  $y = -0,004x + 0,038$ ,  $R^2 = 0,886$ . Kandungan karbohidrat terlarut total mengalami penurunan sebesar 22,07% pada konsentrasi 1% dan hubungan antara konsentrasi kalsium klorida dengan karbohidrat terlarut total ditunjukkan oleh persamaan  $y = 1,367x^2 - 2,927x + 14,82$ ,  $R^2 = 0,558$ . Hasil penelitian disimpulkan bahwa kalsium klorida menurunkan indeks *browning* buah pisang ambon dan menurunkan kandungan klorofil serta karbohidrat terlarut total berpengaruh terhadap indeks *browning*.

Kata Kunci : Pisang ambon (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*), indeks *browning*, kandungan klorofil, karbohidrat terlarut total.

**PENGARUH KALSIMUM KLORIDA TERHADAP INDEKS *BROWNING*,  
KANDUNGAN KLOOROFIL, KANDUNGAN KARBOHIDRAT  
TERLARUT TOTAL, DAN LEVEL GULA PEREDUKSI  
BUAH PISANG AMBON (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*)**

Oleh

*Meri Yuliani*

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

Judul Skripsi

**: PENGARUH KALSIMUM KLORIDA  
TERHADAP INDEKS *BROWNING*,  
KANDUNGAN KLOROFIL, KANDUNGAN  
KARBOHIDRAT TERLARUT TOTAL, DAN  
LEVEL GULA PEREDUKSI BUAH PISANG  
AMBON (*Musa paradisiaca* var.  
*sapientum*)**

Nama Mahasiswa

**: Meri Yuliani**

Nomor Pokok Mahasiswa

**: 1217021047**

Jurusan/Program Studi

**: Biologi/S1 Biologi**

Fakultas

**: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

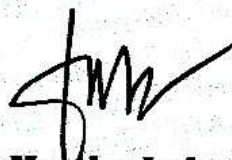
Pembimbing I

Pembimbing II



**Ir. Zulkifli, M.Sc.**

**NIP 19600716 198604 1 001**



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

**NIP 19560813 198511 2 001**

**2. Ketua Jurusan Biologi**



**Dra. Nuning Nurcahyani, M.Sc.**

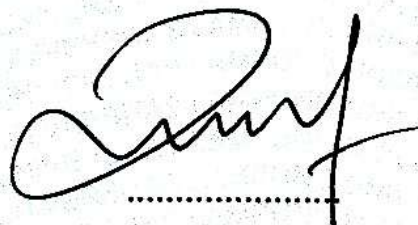
**NIP 19660305 199103 2 001**



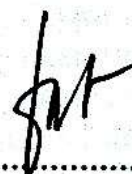
## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

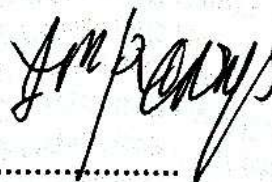
**Ketua** : Ir. Zulkifli, M.Sc.



**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, DEA., Ph.D.**  
NIP 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **22 Desember 2016**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sukadana, 06 Juni 1993.

Putri pertama dari 3 bersaudara dari bapak

Marzuki dan ibu Sunaini. Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar (SD) Negeri 4

Sukadana Pasar, Lampung Timur pada tahun 2006.

Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1

Sukadana, Lampung Timur pada tahun 2009.

Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 4 Metro

pada tahun 2012. Penulis terdaftar sebagai Mahasiswa di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur seleksi Ujian Mandiri Lokal (UML) pada tahun 2012.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten Biologi Umum di Jurusan Agribisnis Fakultas Pertanian Unila. Penulis juga pernah mengikuti organisasi pers mahasiswa NATURAL sebagai anggota kaderisasi dan sekretariat, dan Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA Unila sebagai anggota sekretariat, dan aktif juga di Organisasi Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) sebagai anggota komunikasi dan informasi (Kominfo).

Pada tahun 2015, penulis melakukan kerja praktik di Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih TPH Bandar Lampung.

## **PERSEMBAHAN**

*Bismillahirrahmanirrahim...*

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karuniaNya, shalawat serta salam kepada junjungan kita nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya sederhana ini.

Terimakasih yang sebesar-besarnya untuk kedua orang tua saya, Bapak, Ibu, yang telah memberikan doa dan dukungannya baik moril ataupun materil baik para pendidik serta almamater yang saya banggakan.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan-kebaikan dan kerjasama yang telah diberikan. Semoga Karya ini dapat membantu dan berguna bagi yang membutuhkan.

## **MOTTO**

“Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang memiliki ilmu pengetahuan”

(al-mujadillah : 11)

“Waktu itu bagaikan pedang, jika kamu tidak memanfaatkannya menggunakan untuk memotong, ia akan memotongmu (menggilasmu)”

(H.R. Muslim)

Dari Annas bin Malik berkata : telah bersabda Rasulullah SAW, barang siapa keluar rumah untuk menuntut ilmu maka ia dalam jihad fisabilah hingga kembali.

(H.R.Bukhari)

Barang siapa menempuh suatu jalan untuk mencari ilmu, maka Allah memudahkannya mendapat jalan ke surga

(H.R. Muslim)



## SANWACANA

Puji syukur kehadiran Tuhan atas rahmat dan karuniaNya, shalawat serta salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Penulis menyadari dalam menulis skripsi ini masih banyak kekurangan dalam penyajiannya. Penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada:

1. Bapak Ir, Zulkifli, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik selama pembuatan skripsi ini.
2. Ibu Dra. Martha Lulus Lande, M.P. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik selama pembuatan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Endang Nurcahyani, M.Si. selaku pembahas dan koordinator seminar usul yang telah memberikan masukan, kritik, dan sarannya.
4. Ibu Dr. Emantis Rosa, M.Biomed. selaku koordinator seminar hasil.
5. Penulis mengucapkan rasa terimakasih untuk ibu Dra. Yulianty, M.Si. Kepala laboratorium Botani.  
Terimakasih juga saya ucapkan kepada bapak Hambali, bapak Tris dilaboratorium Botani 1 yang telah membantu dalam peminjaman alat dan semua keperluan penelitian.
6. Bapak Prof. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.

7. Ibu Dra. Nuning Nurcahyani, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung dan selaku Pembimbing Akademik.
8. Terimakasih yang sebesar-besarnya untuk kedua orang tua saya, Walid, Bunda, yang telah memberikan doa dan dukungannya baik moril ataupun materil.
9. Teman-teman seperjuangan selama penelitian Maria Reni Harnani, dan Nindya Putri Arifin, serta Fajrin Nuraida yang selalu mendukung serta menilai tulisan saya, terimakasih atas bantuan kalian semua.
10. Teman-teman saya waktu propti, temen bangun pagi, dan temen pergi bersama ke kampus Dewi, Arin, Dona, Luh Gede Giri, Nurul Syahru Ramadhania, Annisa Rachmawati, Fitria, dan Wahyu.
11. Teman-teman di Jurusan Biologi FMIPA angkatan 2012, Angkatan 2013, dan Angkatan 2014.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan-kebaikan dan kerjasamanya yang telah kalian berikan. Semoga karya ini dapat membantu dan berguna bagi yang membutuhkan.

Bandar Lampung, Desember 2016.

*Meri Yuliani*

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>COVER</b> .....	
<b>ABSTRAK</b> .....	
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	i.
<b>MOTTO</b> .....	ii.
<b>SANWACANA</b> .....	iii.
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v.
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii.
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix.
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang dan Masalah.....	1
B. Tujuan Penelitian.....	4
C. Manfaat Penelitian.....	4
D. Kerangka Pemikiran.....	4
E. Hipotesis.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Klasifikasi Pisang Ambon.....	6
B. Habitat Tumbuhan Pisang.....	6
C. Morfologi Tumbuhan Pisang.....	8
1. Akar.....	8
2. Batang.....	8
3. Daun.....	9

4. Bunga dan buah.....	10
D. Botani Pisang.....	10
E. <i>Browning</i> pada Buah-buahan dan Sayur-sayuran.....	11
1. Reaksi enzimatis.....	11
2. Karakteristik enzim polifenol oksidase.....	11
F. Senyawa Kimia Anti <i>Browning</i> .....	12
G. Biosintesis Klorofil.....	16
H. Karbohidrat dan Gula Pereduksi.....	18

### III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu.....	20
B. Alat dan Bahan.....	20
C. Rancangan Percobaan.....	21
D. Variabel dan Parameter.....	21
E. Cara Kerja.....	21
1. Peyiapan satuan percobaan.....	21
2. Pemberian perlakuan.....	22
F. Pengamatan.....	22
1. Indeks <i>browning</i> .....	22
2. Penentuan kandungan klorofil.....	23
3. Kandungan karbohidrat terlarut total.....	24
4. Gula pereduksi.....	25
G. Analisis Data.....	25

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil.....	26
1. Indeks <i>browning</i> .....	26
2. Kandungan klorofil a.....	27
3. Kandungan klorofil b.....	29
4. Kandungan klorofil total.....	30
5. Kandungan karbohidrat terlarut total.....	32
6. Level gula pereduksi.....	34
B. Pembahasan.....	36

### V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	39
B. Saran.....	39

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>40</b>
----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>45</b>
----------------------	-----------

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Notasi perlakuan dan ulangan.....	21
Tabel 2. Rata-rata indeks <i>browning</i> buah pisang ambon setelah perlakuan $\text{CaCl}_2$ .....	26
Tabel 3. Rata-rata kandungan klorofil a kulit buah pisang ambon setelah perlakuan $\text{CaCl}_2$ .....	28
Tabel 4. Rata-rata kandungan klorofil b kulit buah pisang ambon setelah perlakuan $\text{CaCl}_2$ .....	29
Tabel 5. Rata-rata kandungan klorofil total kulit buah pisang ambon setelah perlakuan $\text{CaCl}_2$ .....	31
Tabel 6. Rata-rata kandungan karbohidrat terlarut total buah pisang ambon setelah perlakuan $\text{CaCl}_2$ .....	32
Tabel 7. Level gula pereduksi buah pisang ambon.....	34
Tabel 8. Efek kalsium klorida terhadap <i>browning</i> buah pisang ambon.....	36
Tabel 9. Rata-rata, standar deviasi, ragam, standar <i>error</i> , koefisien keragaman, dan <i>confident</i> interval indeks <i>browning</i> buah pisang ambon.....	46
Tabel 10. Analisis ragam indeks <i>browning</i> .....	47
Tabel 11. Rata-rata, standar deviasi, ragam, standar <i>error</i> , koefisien keragaman, dan <i>confident</i> interval kandungan klorofil a buah pisang ambon.....	47
Tabel 12. Analisis ragam kandungan klorofil a.....	48
Tabel 13. Rata-rata, standar deviasi, ragam, standar <i>error</i> , koefisien keragaman, dan <i>confident</i> interval klorofil b kulit buah pisang ambon.....	49



Tabel 14. Analisis ragam kandungan klorofil b.....	50
Tabel 15. Perbedaan klorofil b.....	51
Tabel 16. Rata-rata, standar deviasi, ragam, standar <i>error</i> , koefisien keragaman, dan <i>confident</i> interval klorofil total kulit buah pisang ambon.....	51
Tabel 17. Analisis ragam kandungan klorofil total.....	52
Tabel 18. Perbedaan klorofil total.....	53
Tabel 19. Rata-rata, standar deviasi, ragam, standar <i>error</i> , koefisien keragaman, dan <i>confident</i> interval karbohidrat terlarut total buah pisang ambon.....	53
Tabel 20. Analisis ragam kandungan karbohidrat terlarut total.....	54
Tabel 21. Perbedaan karbohidrat terlarut total.....	55

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Reaksi enzimatik oleh PPO (Queiroz <i>et al.</i> , 2008).....	11
Gambar 2. Struktur klorofil : a) klorofil a, b) klorofil b (Kirk <i>and</i> Donald, 1993).....	18
Gambar 3. Tata letak satuan percobaan setelah pengacakan.....	22
Gambar 4. Kurva hubungan antara konsentrasi $\text{CaCl}_2$ dengan indeks <i>browning</i> buah pisang ambon.....	27
Gambar 5. Kurva hubungan antara konsentrasi $\text{CaCl}_2$ dengan klorofil a kulit buah pisang ambon.....	28
Gambar 6. Kurva hubungan antara konsentrasi $\text{CaCl}_2$ dengan klorofil b kulit buah pisang ambon.....	30
Gambar 7. Kurva hubungan antara konsentrasi $\text{CaCl}_2$ dengan kandungan klorofil total kulit buah pisang ambon.....	31
Gambar 8. Kurva hubungan antara konsentrasi $\text{CaCl}_2$ dengan karbohidrat terlarut total buah pisang ambon.....	33
Gambar 9. Endapan gula pereduksi buah pisang ambon berbagai konsentrasi.....	35
Gambar 10. Penimbangan $\text{CaCl}_2$ dalam gram.....	55
Gambar 11. Pembuatan larutan $\text{CaCl}_2$ dengan konsentrasi 0% b/v, 0,5% b/v, 1% b/v, 1,5% b/v, 2% b/v, dan 2,5% b/v.....	55
Gambar 12. Larutan $\text{CaCl}_2$ dengan konsentrasi 0 % b/v, 0,5 % b/v, 1% b/v, 1,5 % b/v, 2 % b/v, 2,5 % b/v.....	56
Gambar 13. Buah pisang ambon ( <i>Musa paradisiaca</i> var. <i>sapientum</i> ).....	56
Gambar 14. Pemotongan buah pisang ambon secara melintang dan membujur.....	57

Gambar 15. Perendaman buah pisang ambon setelah dipotong selama 15 menit ke dalam larutan $\text{CaCl}_2$ % b/v.....	57
Gambar 16. Potongan buah pisang yang diletakkan secara acak.....	58
Gambar 17. Potongan buah pisang ambon sebelum direndam larutan $\text{CaCl}_2$ % b/v.....	58
Gambar 18. Potongan buah pisang setelah direndam dengan larutan $\text{CaCl}_2$ % b/v selama 15 menit.....	58
Gambar 19. Peletakkan potongan buah pisang ambon yang telah direndam dengan $\text{CaCl}_2$ dan dibungkus dengan kertas HVS dengan tata letak satuan percobaan setelah pengacakan di ruang kabinet.....	59
Gambar 20. Tata letak satuan percobaan sampel setelah pengacakan.....	59
Gambar 21. Buah pisang ambon setelah perlakuan selama 48 jam.....	60
Gambar 22. Penimbangan buah dan kulit pisang ambon dengan neraca analitik.....	60
Gambar 23. Sampel indeks <i>browning</i> sebelum disentrifugase.....	61
Gambar 24. Sampel indeks <i>browning</i> setelah disentrifugase dan dibiarkan selama 24 jam.....	61
Gambar 25. Sampel indeks <i>browning</i> setelah disentrifugase dan dibiarkan selama 24 jam.....	62
Gambar 26. Sampel klorofil sebelum disentrifugase.....	62
Gambar 27. Sampel klorofil setelah disentrifugase.....	63
Gambar 28. Sampel klorofil setelah disentrifugase.....	63
Gambar 29. Sampel karbohidrat setelah disentrifugase.....	64
Gambar 30. Sampel karbohidrat setelah disentrifugase.....	64
Gambar 31. Sampel didalam sentrifugase.....	65
Gambar 32. Pembuatan larutan fenol. ....	65

Gambar 33. Sampel gula pereduksi sebelum direndam air panas.....	66
Gambar 34. Sampel gula pereduksi setelah direndam air panas selama 10 menit.....	66
Gambar 35. Sampel gula pereduksi dengan konsentrasi 0% b/v.....	67
Gambar 36. Sampel gula pereduksi dengan konsentrasi 0,5% b/v.....	67
Gambar 37. Sampel gula pereduksi dengan konsentrasi 1% b/v.....	68
Gambar 38. Sampel gula pereduksi dengan konsentrasi 1,5% b/v.....	68
Gambar 39. Sampel gula pereduksi dengan konsentrasi 2% b/v.....	69
Gambar 40. Sampel gula pereduksi dengan konsentrasi 2,5% b/v.....	69
Gambar 41. Sampel gula pereduksi dengan konsentrasi yaitu : 0% b/v, 0,5% b/v, 1% b/v, 1,5% b/v, 2% b/v, dan 2,5% b/v.....	70

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang dan Masalah

Pisang adalah buah musiman dan sangat mudah rusak. Pisang banyak dikonsumsi masyarakat karena konsentrasi pati yang tinggi (lebih dari 70% dari berat kering) (Lii *et al.*, 1982; Bello-Perez *et al.*, 1999; Bello-Perez *et al.*, 2000). Pisang ambon merupakan buah yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat dan tergolong dalam Familia *Musaceae*, serta merupakan tumbuhan terna raksasa berdaun besar memanjang, *herbaceous* yang hanya berbuah sekali seumur hidupnya. Hasil penelitian menyatakan buah pisang ambon matang sangat efektif mengurangi penyakit diare karena buah pisang mengandung vitamin, mineral, protein, dan karbohidrat yang baik untuk dikonsumsi tubuh (Elly dan Amrullah, 1985).

Pisang ambon merupakan buah yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia karena sangat baik bagi tubuh diantaranya mengandung vitamin, mineral, dan nutrisi. Pisang ambon matang sangat baik untuk mengurangi keparahan klinis yang disebabkan oleh diare (Elly dan Amrullah, 1985).

Pisang (Genus *Musa*) adalah tumbuhan herba terbesar di dunia, tumbuh subur di banyak negara berkembang, dianggap salah satu sumber energi yang paling



penting bagi orang-orang yang tinggal di daerah lembab dibanyak negara termasuk Meksiko (Anon, 2002).

Pisang adalah termasuk keempat daftar tumbuhan pangan yang paling penting yang berkembang di dunia, setelah padi, gandum, dan jagung (Anon, 2002).

Pisang merupakan tumbuhan yang banyak ditemukan di Indonesia dan merupakan buah dengan kuantitas terbesar di dunia. Indonesia merupakan 50% penghasil pisang terbesar di Asia Tenggara. Provinsi Lampung merupakan salah satu penghasil pisang terbesar di Indonesia yang salah satunya dijadikan produk olahan seperti kripik pisang oleh-oleh khas Lampung yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi (Supriyadi, 2009).

*Browning* dapat menyebabkan apresiasi perubahan dan nilai makanan di pasaran, serta dalam beberapa kasus kecuali dari produk makanan lengkap dari pasar tertentu (McEvily *et al.*, 1992). Enzimatik *browning* adalah terjadinya perubahan reaksi warna pada buah-buahan, sayur-sayuran, dan daun teh. Reaksi *browning* membutuhkan oksigen, rantai *phenolic*, dan *polyphenol oksidase* (PPO) yang pada umumnya inisiasi oleh oksidasi enzimatik *monophenols* dalam *o-diphenols* serta *o-diphenols* dalam *quinon*, selanjutnya polimerasi non-enzimatik yang membentuk pigmen (Nicolas *et al.*, 1994; Hicks *et al.*, 1996; Lopez *et al.*, 2007).

Ketika buah dipotong, permukaan potong berubah warna menjadi coklat tidak hanya mengurangi kualitas visual tetapi juga mengakibatkan perubahan rasa yang tidak diinginkan dan hilangnya nutrisi karena enzimatik *browning*

(Luo *and* Barbosa, 1997). Kontrol permukaan *browning* sangat penting untuk menjaga kualitas dan kesegaran produk. Sesungguhnya enzimatik *browning* bermanfaat memberikan warna dan rasa bagi perkembangan makanan seperti teh, kopi, serta coklat yang dapat merusak kualitas, potongan segar produk (Nicolas *et al.*, 1994; Hicks *et al.*, 1996; Lopez *et al.*, 2007). Varietas buah dan sayuran, seperti selada, kentang, apel, pir, pisang, dan persik, enzimatik *browning* mudah selama proses penyimpanan. *Browning* dari buah-buahan mentah adalah masalah utama dalam industri makanan dan diyakini menjadi salah satu penyebab utama penurunan kualitas selama penanganan pasca panen serta pengolahan (Luo *and* Barbosa, 1997).

Pisang adalah tipe buah klimakterik. Buah dipanen menjalani proses pematangan yang cepat, sehingga umur simpannya pendek. Penyimpanan dingin, efektif dalam memperpanjang proses penyimpanan buah pisang. Namun, buah yang rentan terhadap kerusakan dingin, menjadikan kulit *browning*, dan untuk mengurangi kegagalan ketika suhu penyimpanan lebih rendah dari 12° C (Jiang *et al.*, 2004). Untuk mengurangi kerusakan dingin, strategi yang berbeda seperti perlakuan panas, NO atau asam gama aminobutirik (GABA) perlakuan pertama, diterapkan setelah pisang dipanen sebelum penyimpanan dengan suhu dingin (Wang *et al.*, 2014; Ma *et al.*, 2014).

## B. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Efek kalsium klorida terhadap indeks *browning*, kandungan klorofil, kandungan karbohidrat terlarut total, dan gula pereduksi buah pisang ambon (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*).
2. Untuk menentukan hubungan antara indeks *browning*, kandungan klorofil, dan kandungan karbohidrat terlarut total buah pisang ambon.

## C. Manfaat Penelitian

Berdasarkan sudut fisiologi tumbuhan hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pemahaman proses *browning* pada buah pisang ambon, sedangkan dari sudut pascapanen hasil penelitian diharapkan dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki proses pengolahan buah pisang.

## D. Kerangka Pemikiran

Pisang adalah tipe buah klimakterik. Ketika buah dipotong, permukaan potong berubah warna menjadi coklat, tidak hanya mengurangi kualitas visual tetapi juga mengakibatkan perubahan rasa yang tidak diinginkan, hilangnya nutrisi karena enzimatis *browning*. Klimakterik adalah pola perubahan dalam respirasi sebagai periode transisi proses pertumbuhan menjadi pelayuan (*senesen*).

Kalsium klorida diketahui memperlambat proses (*senesen*) pada buah-buahan dan sayur-sayuran karena meningkatkan retensi atau penahanan klorofil.

Namun belum diketahui sebelumnya apakah peningkatan retensi atau penahanan klorofil oleh kalsium klorida pada kulit buah pisang ambon dapat

mencegah terjadinya *browning* pada daging buah pisang ambon. Untuk menjawab pertanyaan tersebut peneliti membandingkan indeks *browning* buah pisang ambon yang diberi perlakuan kalsium klorida dan yang tidak diberi perlakuan kalsium klorida. Selanjutnya peneliti juga menentukan apakah indeks *browning* berkorelasi dengan kandungan klorofil buah pisang ambon. Peneliti menduga bahwa jika buah pisang ambon direndam dalam kalsium klorida maka akan terjadi retensi atau penahanan klorofil sehingga menghambat proses *browning*.

## E. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah :

1. Kalsium klorida mempengaruhi indeks *browning* kandungan klorofil, dan karbohidrat terlarut total buah pisang ambon.

$$H_0: \mu_0 = \mu_1$$

$$H_1: \mu_0 > \mu_1$$

$\mu_0$  = indeks *browning* buah pisang ambon kontrol.

$\mu_1$  = indeks *browning* buah pisang ambon perlakuan.

Hipotesis diterima jika  $H_0$  ditolak atau  $H_1$  diterima.

2. Ada hubungan linear antara indeks *browning* dengan kandungan klorofil, serta antara indeks *browning* dan karbohidrat terlarut total buah pisang ambon.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Klasifikasi Pisang Ambon

Menurut Supriyadi (2009) klasifikasi tumbuhan pisang ambon adalah sebagai berikut :

Divisio	: Magnoliophyta
Sub Divisio	: Spermatophyta
Classis	: Liliopsida
Ordo	: Zingiberales
Familia	: Musaceae
Genus	: <i>Musa</i>
Species	: <i>Musa paradisiaca</i> var. <i>sapientum</i> (L.)

### B. Habitat Tumbuhan Pisang

Pisang dapat ditanam didataran rendah pada suhu 21° C - 32° C dan beriklim lembab. Lahan yang datar dengan kemiringan 8° adalah tofografi lahan yang baik untuk tumbuhan pisang (daerah tropis antara 16° LU – 12° LS). Pisang akan berhenti tumbuh dan akhirnya mati pada suhu kurang dari 13° C dan lebih dari 38° C (Suyanti dan Ahmad, 2008). Hampir disetiap tempat dapat dengan mudah ditemukan tumbuhan pisang. Iklim tropis basah, lembab, dan panas mendukung pertumbuhan pisang (Ida, 2011).



Menurut Ida (2011) Tumbuhan ini toleran akan ketinggian dan kekeringan. Pisang di Indonesia umumnya dapat tumbuh di dataran rendah sampai ke pegunungan setinggi 2.000 m di bawah permukaan laut (dpl). Pisang ambon, nangka, dan tanduk tumbuh baik sampai ketinggian 1.000 m dpl. Pisang masih dapat tumbuh di daerah subtropis. Pisang masih bisa tumbuh pada kondisi tanpa air karena air disuplai dari batangnya yang berair tetapi produksinya tidak dapat diharapkan.

Pisang sebaiknya ditanam pada tanah dengan kandungan bahan organik dan kesuburan yang tinggi serta ditanam pada tanah dengan pH 4,5 – 7,5. Tekstur tanah dapat berupa pasir hingga liat. Tanah yang kaya akan humus baik untuk pertumbuhan dan produksi pisang. Curah hujan yang baik untuk pertumbuhan pisang berkisar 1500 – 3800 mm per tahun. Cahaya matahari yang penuh diperlukan untuk pertumbuhan yang baik (Nakasone *and* Paull, 1998).

Hal yang menghambat pertumbuhan pisang adalah angin topan dan kumbang yang dapat merusak daun serta mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan ini.

Pisang dapat tumbuh di tanah yang kaya humus, dan tanah yang mengandung kapur. Pisang sebaiknya ditanam di tanah berhumus dengan pemupukan. Air harus selalu tersedia tetapi tidak boleh menggenang karena tumbuhan pisang harus diairi berkali-kali. Tanah harus mudah dalam meresap air. Pisang tidak hidup pada tanah yang mengandung garam 0,07% (Ida, 2011).

## C. Morfologi Tumbuhan Pisang

### 1. Akar

Pisang mempunyai akar serabut, berdiameter 0,5 - 1 cm, berbentuk silinder. Akar yang menjalar ke samping rata-rata panjangnya adalah 4 - 5 m dan hanya 75 - 150 cm untuk tumbuh ke dalam tanah. Akar ini keluar dalam kelompok-kelompok yang terdiri dari 3 - 4 akar. Anatomi akar tersusun atas jaringan epidermis, sistem jaringan dasar berupa (korteks, endodermis, dan empulur) yang sistem berkas pembuluhnya terdiri dari xylem dan floem (Tjahjadi, 1991).

### 2. Batang

Batang pisang dibedakan menjadi dua macam yaitu batang asli yang disebut bongol dan batang semu atau juga batang palsu. Bongol berada di pangkal batang semu dan berada dibawah permukaan tanah serta memiliki banyak mata tunas yang merupakan tempat tumbuhnya akar (Rukmana, 2006). Batang semu terbentuk dari pelepah daun yang membesar dipangkalnya dan mengumpul membentuk struktur berselang-seling sehingga tampak sebagai batang (*pseudo stem*). Batang pisang yang sebenarnya berada di tanah dan terkadang muncul ke permukaan tanah berbentuk umbi yang tumbuh akar dan tunas. Secara umum batang terdiri atas epidermis yang berkutikula dan kadang terdapat stomata (Nakasone, 1998).

Menurut Djulkarnain (1998) batang pohon pisang ambon diketahui memiliki bahan aktif diantaranya saponin, antrakuinon, kuinon yang dapat menghilangkan rasa sakit, merangsang pembentukan sel-sel baru pada kulit. Kandungan lignin pada batang pisang ambon membantu peresapan senyawa pada kulit sehingga dapat digunakan untuk mengobati luka memar, luka bakar, bekas gigitan serangga, dan sebagai anti radang.

### 3. Daun

Subartento (2006) mendiskripsikan daun pisang sebagai berikut :

Secara fisiologis pisang mempunyai daun yang berwarna hijau tua ketika dewasa dan berwarna hijau muda pada daun yang masih muda kecuali untuk beberapa spesies. Daun pisang mempunyai bercak merah pada lembaran daun dan ibu tulang daunnya. Daun pisang pada waktu muda menggulung, sedangkan daun yang telah dewasa berbentuk lonjong dan pertulangan daunnya menyirip. Perlekatan daun pisang pada batang membentuk roset batang. Daun pisang memiliki helai daun lebih panjang dari tangkai daunnya.

Selanjutnya Subartento (2006) juga menjelaskan daun pisang memiliki pelepah daun yang besar dari tangkai daunnya. Daun pisang memiliki pelepah daun yang membesar dan mengumpul berselang-seling membentuk suatu struktur seperti batang yang disebut *pseudo stem*.

Memiliki kutikula di bawah permukaan daun untuk mencegah terjadinya penguapan berlebih, sedangkan permukaan bawah daun dilapisi lapisan lilin tebal yang berfungsi menahan air agar tidak membasahi daun.

Secara anatomi daun tumbuhan tersusun atas epidermis yang berkutikula dan terdapat stomata atau trikoma.

#### **4. Bunga dan buah**

Menurut Nakasone (1998) bunga merupakan alat reproduksi pada tumbuhan pisang. Bunga pisang terdiri dari dua baris bunga pertama dan disusul bunga jantan. Braktea membuka sekitar satu per hari. Memiliki tangkai buah yang panjang tangkainya mencapai 1,5 m. Perkembangan buah disusun pada lapisan epidermis dan aerenkim, serta daging menjadi *mesocarp*.

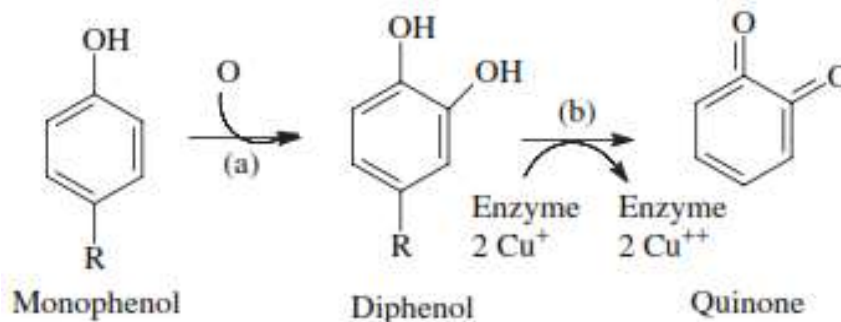
#### **D. Botani Pisang**

Tumbuhan pisang berasal dari Asia Tenggara, menyebar dari India sampai Polinesia (Simmonds, 1962). Pisang adalah tumbuhan monokotiledon dalam Genus *Musa*. Tumbuhan pisang merupakan terna raksasa, umumnya sampai 3 m tingginya, dengan tanpa lignifikasi atau penebalan sekunder batang yang merupakan karakteristik pohon (Tomlinson, 1969). Pusat keragaman berada di Malaysia dan Indonesia (Daniells *et al.*, 2001). Walaupun mempunyai keragaman yang cukup besar distribusinya, terutama di pinggiran hutan hujan tropis (Wong *et al.*, 2002).

## E. *Browning* pada Buah-buahan dan Sayur-sayuran

### 1. Reaksi enzimatik

Kaviya (2012) enzim polifenol oksidase adalah enzim yang memiliki gugus Cu sebagai kofaktor sehingga dapat mengkatalisis pengikatan molekul  $O_2$  dalam posisi orto dan membentuk gugus hidroksil pada cincin aromatik yang diikuti oleh proses oksidasi difenol menjadi kuinon hal ini diperkuat oleh Queiroz *et al.* (2008) yang menggambarkan reaksi enzimatik oleh PPO ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi enzimatik oleh PPO (Queiroz *et al.*, 2008)

### 2. Karakteristik enzim polifenol oksidase

Fenol oksidase, polifenol oksidase (PPO), fenolase atau polifenolase adalah enzim yang mengkatalisis reaksi oksidasi dalam proses *browning* pada buah-buahan dan sayur-sayuran (Winarno, 2002). Enzim PPO adalah enzim yang mengkatalisis konversi senyawa fenol menjadi melanin sehingga menyebabkan *browning* pada buah-buahan dan sayur-sayuran. Enzim PPO aktif pada pH 3 sampai 8,5, dan aktifitas maksimum enzim polifenol oksidase adalah pada pH 7 (Weller *et al.*, 2007; Variyar *et al.*, 2008).

## F. Senyawa Kimia Anti *Browning*

McEvily *et al.* (1992) berdasarkan mekanisme kerja, menggolongkan *inhibitor browning* ke dalam 6 kelompok yaitu :

1. Bahan pereduksi (seperti zat pereduksi atau reduktor) adalah mengambil oksigen dari zat lain.
2. *Acidulants* (zat pengasam) misalnya asam sitrat dan asam malat.
3. Bahan pengkhelat (zat pengkhelat) misalnya Natrium adetat.
4. Bahan pengkomplek (senyawa kompleks) misalnya cipslatin.
5. Enzim perlakuan (enzim yang digunakan) misalnya *monophenolase* dan *diphenolase*.
6. Penghambat enzim (bahan yang menghambat aktivitas enzim) misalnya asam askorbat.

Martinez *et al.* (1995); Komthong *et al.* (2006); Chaisakdanugull *et al.* (2007) telah meneliti secara menyeluruh pengendalian *browning* pada buah-buahan serta sayur-sayuran dengan target enzim polifenol oksidase (PPO), substrat (oksigen dan fenol) atau produk akhir dari reaksi *browning*.

Jeong *et al.* (2008) melaporkan efek senyawa anti *browning* adalah air yang mengandung klorin atau racun (0.01% v/v) dan larutan asam askorbat (0.05% v/v) pada buah apel. Buah apel yang telah diberi perlakuan senyawa anti *browning* disimpan selama 7 hari di tempat gelap pada suhu 4° C.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa selama penyimpanan, indeks *browning* meningkat. Perlakuan asam askorbat meningkatkan senyawa fenolik total, sedangkan air berklorin atau beracun tidak meningkatkan

senyawa fenolik misalnya flavonoid, fenol monosiklik sederhana, fenil propanoid, polifenol (lignin, melanin, dan tannin), serta kuinon.

*Inhibitor browning* seperti asam askorbat, *4-hexylresorcinol*, ekstrak daun pisang baik tunggal maupun campuran yang berbeda telah dipelajari pada buah apel, jamur, dan kentang oleh Charanjit *and* Harish (2000).

Hasil dibandingkan dengan sampel yang diberi perlakuan asam sulfit yang telah dilarang karena menghasilkan efek racun. Campuran *4-hexylresorcinol*, asam askorbat, dan ekstrak daun pisang menghambat secara nyata enzim *browning* pada suhu 4° C. Penurunan yang sama pada aktivitas polifenol oksidase juga diamati. Warna, tekstur pada sampel yang diberi perlakuan sama dengan sampel yang masih segar. Total mikroba hidup, ragi, dan kapang berkurang. Hasil formulasi menyeluruh lebih baik dari pada asam sulfit.

Sementara itu Son *et al.* (2001) menggunakan asam oksalat, asam oksaloasetat, asam askorbat 2 fosfat, sistein, *glutathione*, *N-acetylcysteine*, *kojic acid*, dan *4-hexylresorcinol* untuk menghambat *browning* pada buah apel. Hasil pengujiannya menunjukkan bahwa aktivitas penghambatan tertinggi terhadap *browning* berturut-turut adalah 0.25%, dan 0.05%. Asam oksalat yang dikombinasikan 1% asam askorbat dan turunannya. Asam oksalat dengan konsentrasi 0.02% menunjukkan efek yang sinergis.

Chang-Kui *et al.* (2002) melaporkan efektivitas serangkaian senyawa sulfhidril dalam menghambat aktivitas *polyphenol oxidase* (PPO) dalam sistem model larutan asam klorogenat dan jus buah loquat. Aplikasi

konsentrasi serangkaian senyawa sulfhidril yang berbeda untuk larutan asam klorogenat dan jus buah loquat menunjukkan bahwa I-sistein efektif sebagai *inhibitor browning*. I-sistein dengan konsentrasi 90% untuk *inhibitor browning* tergantung jenis kultivar buah loquat. Selisih konsentrasi senyawa endogen fenolik pada setiap kultivar buah loquat. Hasil dari analisis produk buah loquat bahwa mekanisme *inhibitor browning* menyebabkan pembentukan produk reaksi terkonjugasi.

Lee *et al.* (2002) telah mempelajari efek ekstrak bawang terhadap *browning* pada kentang. Penambahan ekstrak bawang yang dipanaskan ke kentang menunjukkan efek penghambatan pada polifenol oksidase kentang dan pembentukan warna cokelat. Efek penghambatan ekstrak bawang tergantung pada suhu pemanasannya. Penambahan glisin dan glukosa meningkatkan efek penghambatan ekstrak bawang terhadap polifenol oksidase kentang. Asam sitrat, asam *erythorbic*, *4-hexylresorcinol* dan asam *phytic* berfungsi memproteksi warna pada selai pisang. Resep terbaik asam sitrat 0,32%, asam *erythorbic* 0.06%, *4-hexylresorcinol* 0.12% dan asam *phytic* 0.02% (Xie and Ouyang, 2003).

Bico *et al.* (2009) meneliti efek kombinasi kimia dari pencelupan dan pelapisan pada metode penyimpanan atmosfer terkontrol kualitas potong segar buah pisang. Sebanyak 3 potongan buah pisang dicelupkan ke larutan yang mengandung 1% (w/v) kalsium klorida, 0,75% (w/v) asam askorbat, dan 0,75% (w/v) sistein, serta dikombinasikan dengan metode penyimpanan atmosfer terkontrol (3% O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub>). Kualitas fisika-kimia dan



mikrobiologi dievaluasi setelah 5 hari penyimpanan pada suhu 5° C.

Kombinasi antara perlakuan dan metode penyimpanan atmosfer terkontrol menghambat penurunan berat segar buah pisang serta meningkatkan aktivitas polifenol oksidase selama 5 hari penyimpanan. Warna, pH, keasaman, dan nilai total padatan terlarut serta jumlah fenolik hanya sedikit mengalami perubahan. Analisis mikroba menunjukkan bahwa pisang yang diproses minimal batas penyimpanan adalah selama 5 hari pada suhu 5° C.

Monopoulou *and* Theodoros (2011) menggunakan asam askorbat, asam sitrat, dan kalsium klorida untuk menghambat *browning* pada kol. Penyimpanan dilakukan selama 14 hari pada suhu 0° C dan 7 hari pada suhu 5° C. Perlakuan asam askorbat dapat mempertahankan kualitas kol secara keseluruhan. Hasil penelitian menunjukkan asam sitrat (1% v/v) dapat meningkatkan kualitas kol segar, menurunkan *browning*, dan melindungi kol dari pembentukan bintik-bintik hitam, sedangkan perlakuan asam sitrat dengan suhu rendah dapat memperpanjang umur kol menjadi 22 hari.

Abbasi *et al.* (2013) melaporkan efek asam sitrat dan asam askorbat terhadap *browning* pada buah loquat. Asam askorbat lebih efektif dan mampu mengurangi *browning* pada konsentrasi yang lebih tinggi (700 mg/l), sedangkan perlakuan asam sitrat memperpanjang umur kol menjadi 22 hari.

Javdani *et al.* (2013) membandingkan efektivitas perlakuan air panas (50° C) dan asam askorbat (1% v/v) dalam mengendalikan enzimatis *browning* pada buah apel segar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan asam askorbat lebih efektif dari pada perendaman dengan air panas dan kedua

perlakuan menghambat aktivitas enzim *polyphenol oxidase* (PPO) serta enzim peroksidase (POD). Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa asam askorbat kurang efektif dalam menekan aktivitas enzim *monophenolase* dan *diphenolase* dibanding perlakuan air panas.

### G. Biosintesis Klorofil

Klorofil disintesis dengan cara fotoreduksi protoklorofilid menjadi klorofilid a, yang diikuti oleh esterifikasi fitol membentuk klorofil a. Klorofil a juga terdapat pada daun dengan warna merah kecokelatan tetapi dengan jumlah sedikit. Sintesis klorofil a dari klorofilid a tidak membutuhkan cahaya. Klorofilid pada Angiospermae mutlak membutuhkan cahaya, tetapi pada Gymnospermae klorofil dibentuk dalam keadaan gelap (Pandey *and* Sinha, 1979). Klorofil adalah salah satu penentu produktivitas primer di laut. Osmeografis perairan sangat terkait dengan konsentrasi tinggi rendahnya klorofil (Mann *and* Lazier, 1991).

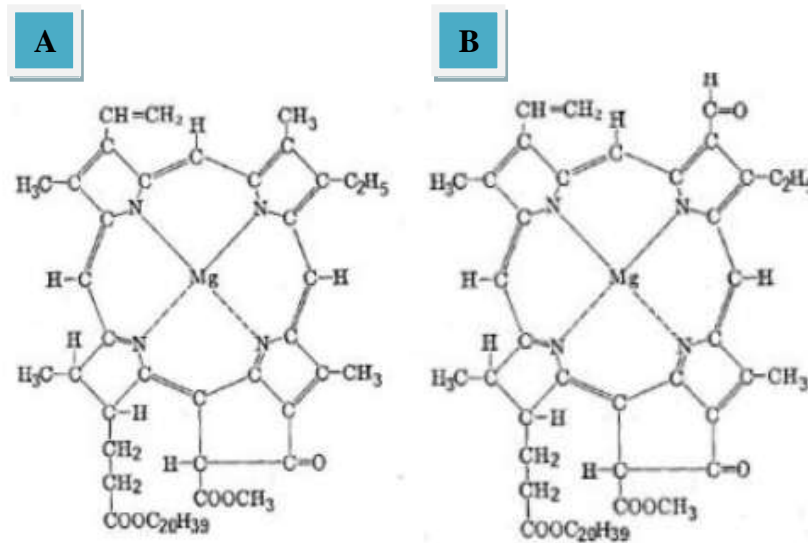
Klorofil adalah pigmen berwarna hijau yang terdapat dalam kloroplas di sitoplasma. Tumbuhan tingkat tinggi, kloroplasnya terdapat pada jaringan parenkim palisade dan parenkim spons daun. Klorofil berasal dari proplastida yaitu plastida yang belum dewasa, kecil dan hampir tidak berwarna serta sedikit atau tanpa membran dalam. Protoplastida membelah saat embrio berkembang, dan menjadi kloroplas ketika daun serta batang yang terbentuk pada organ kloroplas muda akan aktif membelah saat terkena cahaya matahari (Salisbury dan Ross, 1991).

Klorofil memiliki sifat fisik maupun sifat kimia. Sifat fisik klorofil adalah memantulkan cahaya yang berpendar atau berlainan. Sinar yang akan diserap adalah sinar merah biru dengan panjang gelombang sinar antara 400-700 nm. Sifat kimia klorofil adalah tidak larut dalam air namun larut pada senyawa-senyawa yang lebih polar seperti etanol (Dwidjoseputro, 1994).

Fungsi kloroplas adalah sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis. Pigmen-pigmen pada membran tilakoid akan menyerap cahaya matahari atau sumber cahaya lainnya dan mengubah energi cahaya tersebut menjadi energi kimia dalam bentuk adenosin tripospat (ATP). Klorofil adalah salah satu jenis plastida yang berasal dari protoplastida, yakni suatu organel tidak berwarna yang dijumpai pada sel tumbuhan yang tumbuh di tempat gelap dan terang. Klorofil a dan b merupakan pigmen utama yang terdapat dalam membran tilakoid. Karotenoid terbagi menjadi dua yaitu karoten (murni hidrokarbon) dan xantofil (mengandung oksigen). Melekul protein oleh ikatan kovalen adalah pengikat klorofil dan karotenoid (Lakitan, 2001).

Gula, cahaya, air, karbohidrat, temperatur, dan unsur-unsur (N, Fe, Mg, Mn, Cu, Zn, S, dan oksigen) (Hendriyani dan Nantya, 2009). Klorofil pada tumbuhan dibagi menjadi dua yaitu klorofil a ( $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ ) berwarna hijau tua dan klorofil b ( $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ ) yang berwarna hijau lebih muda. Panjang gelombang yang diserap oleh klorofil a dan b paling besar adalah 600-700 nm yang merupakan cahaya berwarna merah. Cahaya yang paling sedikit untuk diserap adalah cahaya dengan panjang gelombang 500-600 nm atau berwarna hijau, serta cahaya biru akan diserap oleh karotenoid (Nio dan Banyo, 2011).

Struktur klorofil a dan b menurut Kirk *and* Donald (1993) ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur klorofil : a) Klorofil a, b) Klorofil b  
(Kirk *and* Donald, 1993)

## H. Karbohidrat dan Gula Pereduksi

Karbohidrat merupakan senyawa yang mengandung unsur C, H, dan O yang terdapat pada tumbuhan hingga 75%. Rumus senyawa 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 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 *reagent anthrone* untuk menghasilkan produk berwarna yang dapat diukur dengan tehnik standar kolorimetri (Witham *et al.*, 1986).

Beberapa kategori pentingnya 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 1) monosakarida, 2) oligosakarida, 3) polisakarida (Witham *et al.*, 1986).

Istilah karbohidrat meliputi gula dan polimernya. Karbohidrat yang paling sederhana adalah monosakarida, gula tunggal yang juga dikenal sebagai gula sederhana. Disakarida adalah gula ganda, yang terdiri atas dua monosakarida yang dihubungkan melalui kondensasi. Karbohidrat yang merupakan makromolekul adalah polisakarida, polimer yang terdiri dari banyak gula. Monosakarida paling umum memiliki peran penting yang utama dalam kimia kehidupan (Campbell dkk., 2002).

Monosakarida adalah karbohidrat dalam bentuk sederhana yang tergolong berdasarkan nomor atom karbon, oleh sebab itu monosakarida tergolong triosa (3 atom karbon), pentosa (5 atom karbon), heksosa (6 atom karbon), dan seterusnya. Monosakarida mungkin juga digolongkan berdasarkan karbonil oksigen bagian dari kelompok aldehida (aldosa) atau keton (ketosa). Kelompok ini disebut pereduksi karena ia mudah teroksidasi oleh senyawa yang mudah direduksi, oleh karena itu kelompok gula ini disebut gula pereduksi (Witham *et al.*, 1986).

### **III. METODE PENELITIAN**

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

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Botani 1, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pegetahuan Alam, Universitas Lampung pada bulan Juni 2016.

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

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *beaker glass* 600 ml, erlenmeyer 250 ml, gelas ukur 10 ml, gelas ukur 50 ml, tabung reaksi dan raknya, corong, mortar dan penggerus, pisau, pipet tetes, pipet ukur 2 ml, propipet atau bulb, kertas saring Whatman no.1, tisu, neraca digital, batang kaca pengaduk, botol semprot, *lighting chamber*, *petridish*, karet gelang, kertas label, plastik bening, *Centrifugase*, dan spektrofotometer UV.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah pisang ambon yang diperoleh dari pasar tempel Raja Basa, Bandar Lampung, kalsium klorida, larutan fenol, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, *reagent benedict*, larutan *ethanol* 95%, dan larutan *aquadest*.

### C. Rancangan Percobaan

Penelitian dilaksanakan dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor utama adalah kalsium klorida dengan enam taraf konsentrasi: 0% b/v (kontrol), 0,5% b/v, 1% b/v, 1,5% b/v, 2% b/v, dan 2,5% b/v, serta setiap perlakuan diulang empat kali. Jumlah satuan percobaan adalah 24. Notasi perlakuan dan ulangan dapat dilihat pada (Tabel 1) adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Notasi perlakuan dan ulangan

Ulangan	Konsentrasi CaCl <sub>2</sub> (% b/v)					
	0 (Kontrol)	0,5	1	1,5	2	2,5
1	K <sub>0</sub> U <sub>1</sub>	K <sub>1</sub> U <sub>1</sub>	K <sub>2</sub> U <sub>1</sub>	K <sub>3</sub> U <sub>1</sub>	K <sub>4</sub> U <sub>1</sub>	K <sub>5</sub> U <sub>1</sub>
2	K <sub>0</sub> U <sub>2</sub>	K <sub>1</sub> U <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> U <sub>2</sub>	K <sub>3</sub> U <sub>2</sub>	K <sub>4</sub> U <sub>2</sub>	K <sub>5</sub> U <sub>2</sub>
3	K <sub>0</sub> U <sub>3</sub>	K <sub>1</sub> U <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> U <sub>3</sub>	K <sub>3</sub> U <sub>3</sub>	K <sub>4</sub> U <sub>3</sub>	K <sub>5</sub> U <sub>3</sub>
4	K <sub>0</sub> U <sub>4</sub>	K <sub>1</sub> U <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> U <sub>4</sub>	K <sub>3</sub> U <sub>4</sub>	K <sub>4</sub> U <sub>4</sub>	K <sub>5</sub> U <sub>4</sub>

### D. Variabel dan Parameter

Variabel dalam penelitian ini adalah indeks *browning*, kandungan klorofil, kandungan karbohidrat terlarut total, dan level gula pereduksi. Parameter kuantitatif dalam penelitian ini adalah nilai tengah ( $\mu$ ) dari semua variabel. Variabel kualitatif dalam penelitian ini adalah level gula pereduksi.

### E. Cara Kerja

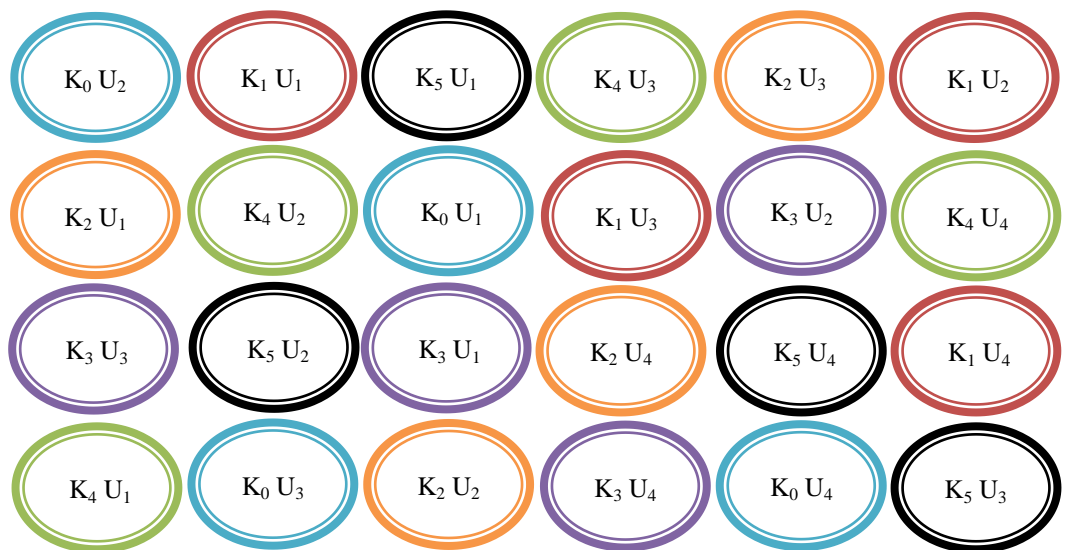
#### 1. Penyiapan satuan percobaan

Setiap buah pisang ambon dipotong secara membujur dan melintang sehingga diperoleh empat potongan buah pisang ambon.

## 2. Pemberian perlakuan

Potongan buah pisang direndam dalam larutan kalsium klorida selama 15 menit, kemudian dibungkus dengan menggunakan kertas HVS. Kemudian diletakkan di *petridish* yang telah dilabel dengan notasi perlakuan dan disusun secara acak. Pengamatan 48 jam setelah perlakuan.

Potongan buah pisang tersebut ditaruh di atas *petridish* yang telah dilabel dengan notasi perlakuan dan disusun secara acak sebagai berikut :



Gambar 3. Tata letak satuan percobaan setelah pengacakan.

## F. Pengamatan

### 1. Indeks *browning*

Indeks *browning* ditentukan berdasarkan Jeong *et al.* (2008). Satu gram daging buah pisang ambon digerus sampai halus dalam mortar dan diekstraksi dengan 20 ml *aquadest*. Ekstrak disaring ke dalam erlenmeyer dengan kertas Whatman no.1. Absorbansi filtrat diukur dengan



spektrofotometer UV pada panjang gelombang 420 nm. Nilai absorbansi filtrat merupakan indeks *browning*.

## 2. Penentuan kandungan klorofil

Penentuan kandungan klorofil berdasarkan Miazek (2002) adalah 0,3 gram kulit buah pisang ambon digerus sampai halus didalam mortar. Kemudian ditambahkan 10 ml *ethanol* 95%. Selanjutnya ekstrak disaring ke dalam erlenmeyer. Sisa gerusan yang masih melekat dikertas saring digerus dan disaring kembali ke dalam erlenmeyer. Ekstrak siap ditentukan kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total.

Ekstrak klorofil ini diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV masing-masing pada panjang gelombang 648 nm dan 664 nm. Kandungan klorofil dinyatakan mg klorofil per gram jaringan yang diekstraksi dan dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Chla} = 13.36.A664 - 5.19.A648.$$

$$\text{Chlb} = 27.43.A648 - 8.12.A664.$$

$$\text{Chl}_{\text{total}} = 22,24.A648 + 5,24.A664.$$

Keterangan :

Chla = Klorofil a.

Chlb = Klorofil b.

Chl<sub>total</sub> = Klorofil Total.

A664 = Absorbansi pada panjang gelombang 664 nm.

A648 = Absorbansi pada panjang gelombang 648 nm.

### 3. Kandungan karbohidrat terlarut total

Kandungan karbohidrat terlarut total ditentukan dengan metode fenol sulfur. Satu gram daging buah pisang ambon digerus sampai halus dalam mortar, dan diekstraksi dengan 100 ml *aquadest*. Ekstrak disaring dengan kertas saring Whatman no.1. Satu ml filtrat dipipet ke dalam tabung reaksi dan berturut-turut ditambahkan 1 ml *aquadest*, 2 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, 1 ml larutan fenol, dan diinkubasi beberapa saat sampai warna cokelat kemerahan terbentuk. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 490 nm. Kandungan karbohidrat terlarut total dihitung berdasarkan kurva standar glukosa dan dinyatakan dalam mg/g jaringan (Witham *et al.*, 1986).

#### **Kurva standar glukosa**

Sepuluh mg glukosa dilarutkan dalam 100 ml *aquadest*. 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8, dan 1 ml. Larutan glukosa tersebut dipipet ke dalam lima tabung reaksi yang sudah dilabel konsentrasi glukosa. Kemudian volume disesuaikan menjadi 3 ml dengan menambahkan *aquadest*. Tiga ml asam sulfat pekat dan 1 ml fenol ditambahkan ke setiap tabung reaksi, diaduk rata dan diinkubasi sampai warna merah kecokelatan terbentuk.

Absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 490 nm. Kurva standar diplot dengan sumbu x sebagai konsentrasi glukosa dan sumbu y sebagai absorbansi (Witham *et al.*, 1986).

#### **4. Gula pereduksi**

Gula pereduksi ditentukan dengan metode *benedict*. Satu gram daging buah pisang ambon digerus halus dalam mortar dan ditambahkan 5 ml *aquadest*. Ekstrak disaring dengan kertas saring Whatman no.1 ke dalam tabung reaksi. Kemudian ditambahkan 3 ml *reagent benedict* dan dipanaskan selama 10 menit. Endapan berwarna merah bata menunjukkan adanya gula pereduksi (Witham *et al.*, 1986).

#### **G. Analisis Data**

Homogenitas ragam diuji dengan uji Bartlett. Analisis ragam dan uji BNT dilakukan pada taraf nyata 5%. Hubungan antara konsentrasi  $\text{CaCl}_2$  dengan indeks *browning*, kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total, serta kandungan karbohidrat terlarut total ditentukan berdasarkan regresi.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah :

1. Kalsium klorida menurunkan secara nyata kandungan klorofil b, dan kandungan klorofil total, kandungan karbohidrat terlarut total sampai konsentrasi 1,5% b/v, namun meningkatkan level gula pereduksi buah pisang ambon.
2. Hubungan antara konsentrasi kalsium klorida dengan kandungan klorofil b dan klorofil total adalah linear negatif dengan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) berturut-turut adalah 0,99 dan 0,95, sedangkan dengan karbohidrat terlarut total adalah kuadratik dengan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) 0,75.

### B. Saran

Perlu dilakukan penelitian pengaruh  $\text{CaCl}_2$  terhadap *browning* buah pisang ambon pada konsentrasi yang lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, N., Attiq, A., Azhar, H., and Irfan, A. 2013. Effect of Anti-Browning Agents On Quality Changes of Loquat [*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindley] Fruit After Harvest *J. Bot.* 45 (4) : 1391-1396.
- Anon. 2002. Banana INIBAP International Network for The Improvement of Banana and Plantain. (*Internet*). Tersedia pada: [www.inibap.org](http://www.inibap.org). Diakses pada tanggal 25 April 2016.
- Bello-Perez, L., Agama-Acevedo, E., Sanchez-Hernandez, L., & Paredes-Lopez, O. 1999. Isolation and Partial Characterization of Banana Starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 47, 854–857.
- Bello-Perez, L., Romero-Manilal, R., & Paredes-Lopez, O. 2000. Preparation and Properties of Physically Modified Banana Starch Prepared by Alcoholic-Alcaline Treatment. *Starch.* 52, 154–159.
- Bico, S., Raposo, M., Morais, R., & Morais, A. 2009. Combined Effects of Chemical Dip and/or Carrageenan Coating and/or Controlled Atmosphere On Quality of Fresh-Cut Banana. *Food Control.* 20 (5), 508-514.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., dan Mitchell, L.G. 2002. *Biologi*. Erlangga. Jakarta.
- Chaisakdanugull, C., Theerakulkait, C., & Wrolstad, R. 2007. Pineapple Juice and its Fractions In Enzymatic Browning Inhibition of Banana [*Musa* (AAA Group) Gros Michel]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 55, 4252-4257.
- Chang-Kui, D., Kazuo, C., Yoshinori, U., Chien, Y. 2002. Inhibition of Loquat Enzymatic Browning by Sulfhydryl Compounds. *Food Chemistry.* 76, 213–218
- Charanjit, K., and Harish, C. 2000. Inhibitor of Enzymatic Browning in Apples, Potatoes, and Mushrooms. *Journal of Scientific & Industrial Research.* Vol. 59, pp 389-394.

- Daniells, J., Jenny, C., Karamura, D., Tomekpe, K., Arnaud, E., & Sharrock, S. 2001. *Musalogue: A catalogue of Musa Germplasm. Diversity in the Genus Musa*. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France.
- Djulkarnain, H. 1998. *Pohon Obat Keluarga*. Jakarta: Intisari.
- Dwidjoseputro. 1994. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Pustaka Gramedia. Jakarta.
- Elly, S., dan Amrullah. 1985. *Flora untuk Sekolah di Indonesia*. Jakarta. PT Pradyna Paramita. Hal. 237-239.
- Hendriyani, I. S., dan Nantya, S. 2009. Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Kacang Panjang (*Vigna sinensis*) pada Tingkat Penyediaan Air yang Berbeda. *Jurnal Sains dan Matematika*. 17 (3).
- Hicks, K., Haines, R., Tong, C., Sapers, G., EI-Atawy, Y., Irwin, P., & Seib, P. 1996. Inhibition of Enzymatic Browning In Fresh Fruit and Vegetable Juices by Soluble and Insoluble Forms of B-Cyclodextrin Alone or In Combination with Phosphates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44, 2591–2594.
- Ida, D. 2011. Analisis Tumbuhan Pisang. (*Internet*). Tersedia pada : <http://idadhoe.blogspot.co.id/2011/12/analisis-tumbuhan-pisang.html>. Diakses pada tanggal 3 Mei 2016.
- Javdani, Z., Mahmood, G., and Somaye, Z. 2013. A Comparison of Heat Treatment and Ascorbic Acid On Controlling Enzymatic Browning of Fresh-Cuts Apple Fruit. *International Journal of Agriculture and Crop Science*. 5 (3) : 186-193.
- Jeong, H., Jin, W., Kwang, D., and Kee, J. 2008. Effect of Anti-Browning Agens On Polyphenol Oxidase Activity and Total Phenolics as Related to Browning of Fresh-cut ‘Fuji’ Apple. *ASEAN Food Journal*. 15 (1) : 79-8.
- Jiang, Y., Joyce, D., Jiang, W., and Lu, W. 2004. Effects of Chilling Temperatures On Ethylene Binding by Banana Fruit. *Plant Growth Regul.* 43, 109–115.
- Kaviya, R., and Tsuchiya. 2012. Comparative Studies On The Inhibitor of Banana Peel Polyphenol Oxidase (PPO). *Departement of Biotechlogopy, Karamaguru College of Technology*. Coimbatore.
- Kirk, R.E., and Donald, F.O. 1993. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Volume 12 The Interscience Encyclopedia, Inc., New York. Ppm 917-921.

- Komthong, P., Katoh, T., Igura, N., & Shimoda, M. 2006. Changes In Odours of Apple Juice During Enzymatic Browning. *Food Quality and Preference*. 17, 497–504.
- Lakitan, B. 2001. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Lee, MK., Kim, YM., Kim, NY., Kim, GN., Kim, SH., Bang, KS., Park, I. 2002. Prevention of Browning In Potato with a Heat-Treated Onion Extract. *Biosci Biotechnol Biochem*. 66 (4) : 856-8.
- Lii, C.-Y., Chang, S.-M., & Young, Y.-L. 1982. Investigation of The Physical and Chemical Properties of Banana Starches. *Journal of Food Science*. 47, 1493–1497.
- Luo, Y., & Barbosa, G. 1997. Enzymatic Browning and Its Inhibition In New Apple Cultivars Slices Using 4-Hexylresorcinol In Combination with Ascorbic Acid. *Food Science and Technology International*. 3 (3), 195–201.
- Lopez-Nicolas, J., Perez-Lopez, A., Carbonell-Barrachina, A., & Garcia-Carmona, F. 2007. Use of Natural and Modified Cyclodextrins as Inhibiting Agents of Peach Juice Enzymatic Browning. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55, 5312-5319.
- Ma, Q., Suo, J., Huber, D., Dong, X., Han, Y., Zhang, Z. 2014. Effect Of Hot Water Treatments On Chilling Injury and Expression of a New C-Repeat Binding Factor (CBF) In ‘Hongyang’ Kiwifruit During Low Temperature Storage. *Postharvest Biol. Tec*. 97, 102–110.
- Mann, K.H., and J.R.N. Lazier. 1991. *Dynamic of Marine Ecosystem, Biological-Physical Interaction in the Ocean*. Boston.
- Martinez, M., & Whitaker, J. 1995. The Biochemistry and Control of Enzymatic Browning. *Trends in Food Science & Technology*. 6, 195–200.
- McEvily, A., Iyengar, R., & Otwell, W. 1992. Inhibition of Enzymatic Browning In Foods and Beverages. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 32 (3) : 253–273.
- Miazek, C. 2002. *Chlorophyll Extraction From Harvested Plant Material*. Supervisor : Prof. Dr. Hab inz Stanislaw Ledakowics.
- Monolopoulou, E., and Theodoros, V. 2011. 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 Chlorida. *Food and Nutrition Science*. 2 : 956-963.

- Nakasone. 1998. Healthy Life with Banana. (*Internet*). Tersedia pada:  
[Http://www.Nakasone.Byethost13.com/pisang.Html](http://www.Nakasone.Byethost13.com/pisang.Html). Diakses pada tanggal 1 April 2016.
- Nakasone, H. Y., and R. E. Paull. 1998. *The Environment Tropical Fruits*. CABI Publishing. New York.
- Nicolas, J., Richard-Forget, F., Goupy, P., Amiot, M., & Aubert, S. 1994. Enzymatic Browning Reactions in Apple and Apple Products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 34, 109–157.
- Nio, S. dan Banyo, Y. 2011. Konsentrasi Klorofil Daun Sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman. *Jurnal Ilmiah Sains*. 11 (2).
- Pandey, S.N., and Sinha, B.X. 1979. *Plant Physiology*. Vikas Publishing House FVT Ltd, New Delhi.
- Phan, C., Er, B. Pantastico, K., Ogata, and K. Chachin. 1975. Respiration and Peak of Respiration. In Pantastico, Er. B. (Ed). Postharvest Physiology, Handling, and Utilization of Tropical and Sub-Tropical Fruits and Vegetables. *The Avoi Publishing Company*. Inc., Connecticut.
- 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.
- Rukmana, R. 2006. *Usaha Tani Pisang*. Kanisius. Jakarta.
- Salisbury, F.B., dan Ross, W.C. 1991. *Fisiologi Tumbuhan*. Jilid 2. ITB. Bandung.
- Subartento. 2006. *Kimia Makanan*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Supriyadi, M. 2009. *Khasiat dan Morfologi Buah Pisang*. Penerbit UMM Press. Malang
- Suyanti dan Ahmad, S. 2008. *Pisang: Budidaya, Pengolahan, dan Prospek Pasar*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Simmonds, N. 1962. *The Evolution of Bananas*. Longmans, Green & Co. London.
- Son, S., K.D. Moon, C.Y. Lee. 2001. Inhibitory Effects of Various Anti Browning Agens On Apple Slices. *Food Chemistry*. 73 (1) : 23-30.
- Tjahjadi. 1991. *Taksonomi Tumbuhan Spermathophyta*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.



- Tomlinson, P. 1969. *Anatomy of The Monocotyledons III. Commelinales–Zingiberales*. Oxford: Clarendon Press.
- Variyar, P.S., M.B. Penddharker, A. Banerje, and C. Bandyopadhyay. 2008. Blackening in Green Pepper Berries. *Phytochemistry*. 27 (3) : 715-717.
- Wang, Y., Luo, Z., Huang, X., Yang, K., Gao, S., and Du, R. 2014. Effect Of Exogenous I-Aminobutyric Acid (GABA) Treatment On Chilling Injury and Antioxidant Capacity In Banana Peel. *Hortic Sci*. 168, 132–137.
- Weller, A., C.A. Sims, R.F. Matthews, R.P. Bates, and J.K. Brecht. 2007. Browning Susceptibility and Changes in Compositon During Storage of Carambola Slices. *Journal of Food Science*. 62 (2) : 256-260.
- Winarno, F.G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia. Jakarta.
- Wiratmaja, I. G. 2011. Pembuatan Etanol Generasi Kedua dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Eucheuma cattonii* sebagai Bahan Baku. *Jurnal ilmiah tehnik mesin*. Vol. 5 (1) : 75-84.
- Witham, H., Francis, D.F. Blaydes, and R.M. Delvin. 1986. *Exercises in Plant Physiologi (Second Edition)*. Psw Publisher.
- Wong, C., Kiew, R., Argent, G., Set, O., Lee, S., & Gan, Y. 2002. Assessment of The Validity of The Sections In *Musa* (Musaceae) Using AFLP. *Annals of Botany*. 90:231-238.
- Xie, S., & Ouyang, X., 2003. A Study On Control of Enzymatic Browning in Banana Processing. *Journal of University of Electronik Science and Tecnology of China*. 8 (1).