

**STUDI OPTIMALISASI *PRE-TREATMENT BLANCHING* DAN METODE
PEMBEKUAN PADA BROKOLI (*Brassica oleracea L. var. Italica*)**

**STUDY ON OPTIMIZATION OF BLANCHING PRE-TREATMENT AND
FREEZING METHODS FOR BROCCOLI (*Brassica oleracea L. var. Italica*)**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat-syarat guna
memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian



Oleh:

Angela Laura Oktaviani

07.70.0053

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA
SEMARANG**

2011

**STUDI OPTIMALISASI PRE-TREATMENT *BLANCHING* DAN METODE
PEMBEKUAN PADA BROKOLI (*Brassica oleracea L. var. Italica*)**

***STUDY ON OPTIMIZATION OF BLANCHING PRE-TREATMENT AND
FREEZING METHODS FOR BROCCOLI (*Brassica oleracea L. var. Italica*)***

Oleh :

Angela Laura Oktaviani

NIM : 07.70.0053

Program Studi : Teknologi Pangan

**Skripsi ini telah disetujui dan dipertahankan
dihadapan sidang penguji pada tanggal :**

Semarang, 17 Oktober 2011

Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Katolik Soegijapranata

Pembimbing I

Dekan

R. Probo Yulianto, STP., MSc

Ita Sulistyawati, STP., Msc

Pembimbing II

Dr. A. Rika Pratiwi, MSi

RINGKASAN

Brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*) adalah salah satu tanaman Brassica yang mengandung banyak senyawa fitokimia yang menyehatkan, seperti senyawa fenol, vitamin C, dan glukosinolat. Brokoli memiliki satu kelemahan yaitu umur simpan dan daya tahan brokoli yang rendah terutama jika setelah panen kemudian brokoli disimpan pada suhu ruang. Proses pembekuan dapat menjadi salah satu alternatif pengawetan brokoli. Proses pembekuan brokoli diduga mempengaruhi keberadaan senyawa fitokimia yang terkandung di dalam brokoli, terutama senyawa yang sensitif terhadap perubahan suhu seperti vitamin C dan senyawa antioksidan lainnya. Penelitian optimalisasi perlakuan *blanching* dan optimalisasi jenis pengemas dilakukan sebelum penelitian penyimpanan. Hasil penelitian optimalisasi perlakuan *blanching* menemukan brokoli yang disukai oleh responden adalah hasil *steam blanching* pada suhu 80°C selama 2 menit. Kemudian hasil penelitian optimalisasi jenis pengemas menemukan jenis pengemas yang baik untuk mengemas brokoli adalah plastik *polyethylene* (PE). Penelitian penyimpanan dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu dan lama waktu penyimpanan terhadap kandungan vitamin C, nilai aktivitas antioksidan, kadar air, tekstur, dan warna brokoli. Penyimpanan brokoli segar dilakukan di suhu ruang, sedangkan brokoli *steam blanched* disimpan di suhu ruang, suhu *refrigerator*, dan suhu *freezer*. Pengujian sampel dilakukan pada hari 0, 1, 3, 6, 10, dan 14 yang meliputi uji kandungan vitamin C, aktivitas antioksidan, kadar air, warna, dan tekstur. Nilai kandungan vitamin C dan aktivitas antioksidan brokoli segar dan *steam blanched* selama penyimpanan menurun, sedangkan nilai kadar air brokoli selama penyimpanan meningkat. Namun pada hari keempat dan seterusnya, baik kandungan vitamin C, aktivitas antioksidan, dan kadar air brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *freezer* stabil. Semakin lama penyimpanan, tekstur brokoli yang disimpan pada suhu ruang, suhu *refrigerator*, maupun *freezer* (setelah *thawing*) tidak berbeda nyata dengan tekstur brokoli pada hari pertama. Semakin lama penyimpanan brokoli semakin gelap dan warna brokoli yang disimpan di suhu ruang dan *refrigerator* cenderung kuning kecokelatan, sedangkan yang disimpan di suhu *freezer* cenderung berwarna hijau gelap. Penyimpanan brokoli *steam blanched* dalam suhu *freezer* lebih baik dalam mempertahankan kualitas mutu, baik dari segi fisik maupun kimiawi.

SUMMARY

Broccoli (Brassica oleracea L. var. Italica) contains many healthy phytochemical compounds, such as phenols, vitamin C, and glucosinolates. Broccoli has some weaknesses, like short shelf life and low resistancy to maintain freshness, especially during storage in room temperature after harvesting. Freezing could be an alternative preservation for broccoli. But, freezing may affect phytochemical availability in broccoli, especially the heat sensitive compounds such as vitamin C and other antioxidants compounds. Observation on blanching optimization and observation on packaging optimization were done before the storage study. The best blanching treatment is steam blanching at 80°C in two minutes. The best packaging material is polyethylene (PE). The aim of the storage study is find the influence of temperature and storage periode on vitamin C, antioxidant activity value, water content, texture, and colour of broccoli. Fresh broccoli is stored in room temperature, as for steam blanched broccoli is stored in room temperature, refrigerator temperature, and freezer temperature. Sampel testing is done on the 0, 1, 3, 6, 10, and 14 storage days and comprised of vitamin C, antioxidant activity, water content, color, and texture determinations. Results show that vitamin C and antioxidant activity for both fresh and steam blanched broccoli during storage is decreased, although water content is increased. In the fourth day toward, vitamin C, antioxidant activity, and water content of steam blanched broccoli that stored in freezer temperature is tend to be stable. For longer period storage, texture of broccoli in room, refrigerator, and freezer (after thawing) temperature is tend to be stable. But, for longer period, broccoli is being darker and color of broccoli in room and refrigerator temperature became yellowish brown, and for broccoli in freezer temperature is dark green. Frozen storage of steam blanched broccoli is better to maintain its quality, both physicaly and chemically.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan bimbinganNya yang diberikan pada penulis sehingga dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul STUDI OPTIMASI PRE-TREATMENT *BLANCHING* DAN METODE PEMBEKUAN PADA BROKOLI (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*) yang merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi guna mendapatkan gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Penulis sadar bahwa laporan skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, dorongan, serta masuka dari banyak pihak yang sangat berarti. Oleh karena itu, penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Ita Sulistyawati, S.TP., MSc, selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
2. Bapak Robertus Probo Yulianto, S.TP., MSc, selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu dan dengan sabar membimbing penulis untuk menyelesaikan laporan skripsi ini dan membantu untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi penulis selama penulisan skripsi ini.
3. Ibu Dr. A. Rika Pratiwi, MSi., selaku dosen pembimbing II, yang juga telah membantu, mendukung, dan memberi saran yang sangat membantu penulis untuk menyelesaikan laporan skripsi ini.
4. Mama, Rio, Ardian, Vicky, dan Tephpen. Terima kasih atas segala bentuk dukungan, doa, dorongan semangat selama ini.
5. Mas Soleh selaku laboran laboratorium Kimia Pangan dan Ilmu Pangan serta Mas Pri selaku laboran laboratorium Rekayasa Pengolahan Pangan. Terima kasih atas bantuannya selama ini, dan kerelaannya untuk meluangkan waktu menjawab pertanyaan-pertanyaan penulis selama penelitian. Serta Mbak Endah, Pak Agus, Mbak Ros, Mbak Wati, dan Ko Atied terima kasih banyak atas bantuannya selama ini.
6. Untuk semua staf pengajar di Fakultas Teknologi Pangan UNIKA Soegijapranata yang telah membimbing penulis selama kuliah selama 4 tahun. Terima kasih banyak dan semoga sukses selalu.

7. Untuk teman-teman Brassica : Raina , Maria, Fenny, Shasa, Nita Adi, Erwin, Krisna yang sudah menjadi teman suka dan duka dan teman seperjuangan, yang mendukung, membantu penulis untuk menyelesaikan laporan skripsi ini. Terima kasih atas kebersamaan dan bantuannya selama skripsi.
8. Ovin, Asti, Puri, Yustin, Ita, Cicil, Bubu, Aurel, Arif, Bobby, dan semua teman-teman TP'07, kakak-kakak kelasku TP'06 (Ci Devi, Mas Pulung, Ko Atied, Ci Dewi, dkk) dan 05 (Ci Ratna); dan adik kelasku TP'08, 09 dan 10. Terima kasih untuk kebersamaannya selama 4 tahun ini.
9. Untuk Johan Arif Yulianto, terima kasih untuk motivasi, hiburan ketika jenuh, bantuan, dan kesabarannya.
10. Untuk Bu Ru dan Ibu Pasar Kanjengan, terima kasih atas bantuannya untuk menyediakan brokoli untuk penelitian ini.
11. Serta untuk semua pihak yang sudah turut membantu penulis baik secara langsung dan tidak langsung, serta yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan dan penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan karena keterbatasan dari penulis. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sebagai bahan perbaikan. Akhir kata, penulis berharap agar laporan skripsi ini dapat bermanfaat serta memberikan pengetahuan bagi para pembaca dan pihak – pihak yang membutuhkan.

Semarang, 17 Oktober 2011

Penulis,

Angela Laura Oktaviani

DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
<i>SUMMARY</i>	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tinjauan Pustaka	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	13
2. MATERI DAN METODE.....	14
2.1. Materi.....	14
2.1.1. Alat.....	14
2.1.2. Bahan	14
2.2. Metode	15
2.2.1. Penelitian Pendahuluan	15
2.2.1.1. Optimalisasi Perlakuan <i>Blanching</i>	15
2.2.1.2. Optimalisasi Bahan Pengemas	16
2.2.2. Penelitian Utama.....	17
2.2.3. Analisa Data	23
3. HASIL PENELITIAN	24
3.1. Kandungan Vitamin C	24
3.2. Aktivitas Antioksidan	26
3.3. Kadar air	27
3.4. Tekstur	29
3.5. Warna (L^* , a^* , b , ΔE dan <i>Chromaticity</i>)	32
3.6. Suhu Penyimpanan	38
4. PEMBAHASAN	39
4.1. Vitamin C.....	39
4.2. Aktivitas Antioksidan	43
4.3. Kadar Air	46
4.4. Tekstur	47
4.5. Warna.....	47
5. PENUTUP	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	51
6. DAFTAR PUSTAKA	52
7. LAMPIRAN	56

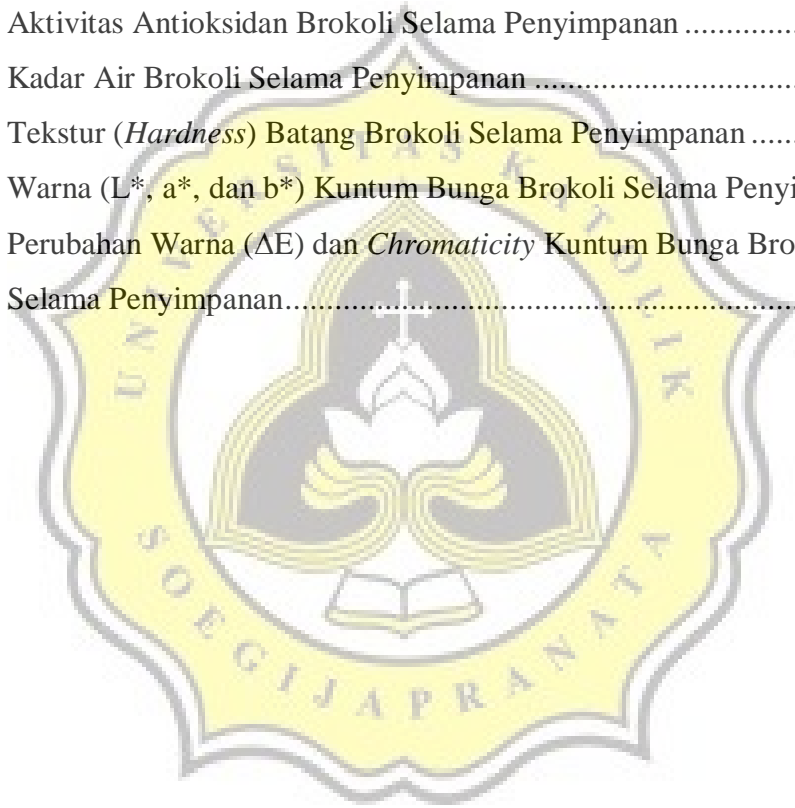
DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Gizi pada 100 gram Brokoli	4
Tabel 2. Kandungan Vitamin C Brokoli Segar dan <i>Steam Blanched</i> Selama Penyimpanan.....	25
Tabel 3. Aktivitas Antioksidan Brokoli Segar dan <i>Steam Blanched</i> Selama Penyimpanan.....	27
Tabel. 4 Kadar Air Brokoli Segar dan <i>Steam Blanched</i> Selama Penyimpanan	29
Tabel 5. Tekstur (<i>Hardness</i>) Batang Brokoli Segar dan <i>Steam Blanched</i> Selama Penyimpanan	31
Tabel 6. L*, a*, dan b* Kuntum Bunga Brokoli Segar dan <i>Steam Blanched</i> Selama Penyimpanan	34
Tabel 7. Perubahan Warna (ΔE) dan <i>Chromaticity</i> Kuntum Bunga Brokoli Selama Penyimpanan	37
Tabel 8. Suhu Penyimpanan Brokoli	38



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Brokoli Segar	3
Gambar 2.	Pemetaan Warna CIELAB	12
Gambar 3.	Diagram a^*b^* <i>Chromaticity</i>	13
Gambar 4.	Desain Uji Optimalisasi <i>Blanching</i>	16
Gambar 5.	Desain Uji Optimalisasi Pengemasan.....	17
Gambar 6.	Desain Penelitian Utama.....	19
Gambar 7.	Kandungan Vitamin C Brokoli Selama Penyimpanan	24
Gambar 8.	Aktivitas Antioksidan Brokoli Selama Penyimpanan	26
Gambar 9.	Kadar Air Brokoli Selama Penyimpanan	28
Gambar 10.	Tekstur (<i>Hardness</i>) Batang Brokoli Selama Penyimpanan	30
Gambar 11.	Warna (L^* , a^* , dan b^*) Kuntum Bunga Brokoli Selama Penyimpanan ...	32
Gambar 12.	Perubahan Warna (ΔE) dan <i>Chromaticity</i> Kuntum Bunga Brokoli Selama Penyimpanan.....	36



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. <i>Worksheet</i> dan <i>Scoresheet</i> Uji Optimalisasi <i>Blanching</i>	56
LAMPIRAN 2. Friedman Test dan LSD Rank Uji Optimalisasi <i>Blanching</i>	60
LAMPIRAN 3. Hasil Uji Optimalisasi Pengemas	62
LAMPIRAN 4. Analisa SPSS	68
LAMPIRAN 5. Foto Jaringan Sel Brokoli Selama Penyimpanan.....	86
LAMPIRAN 6. Foto Brokoli Selama Penyimpanan	94



1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

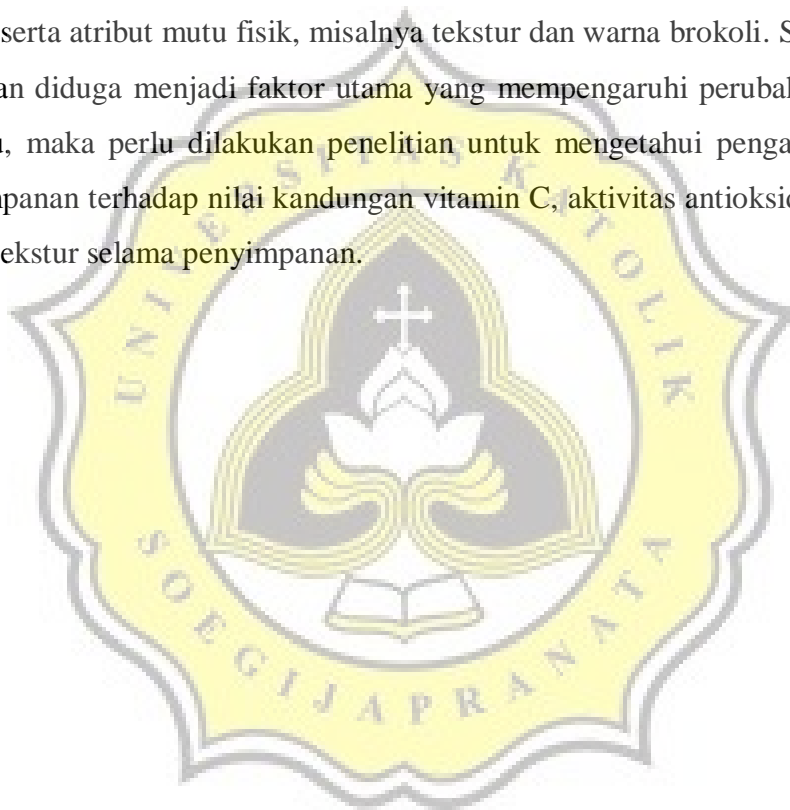
Berbagai sayuran dari kelompok *Brassicaceae*, seperti brokoli, *brussels sprouts*, kubis, dan kembang kol sudah dikenal luas oleh masyarakat. Asupan makanan yang kaya akan sayuran *Brassicaceae* akan memiliki pengaruh yang baik terhadap kesehatan, hal ini dikaitkan berbagai senyawa kimia dalam sayuran *Brassicaceae* yang dapat menghambat efek karsinogenik dalam tubuh manusia (Singh *et al.*, 2007). Menurut Miglio *et al.* (2008) dan Gliszczynska-Swiglo *et al.* (2006), tanaman *Brassica* mengandung banyak senyawa nutrisi yang menyehatkan seperti senyawa fenolik, vitamin, asam fitat, serat, gula terlarut, glukosinolat, mineral, polifenol, lemak, dan karotenoid.

Brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) adalah salah satu spesies tanaman *Brassica* yang dapat memberi nilai kesehatan, karena mengandung senyawa fitokimia seperti senyawa fenol, vitamin C, dan glukosinolat (Yuan *et al.*, 2009). Brokoli merupakan salah satu komoditi pertanian yang melimpah di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa. Brokoli memiliki prospek sebagai komoditi ekspor yang sangat tinggi. Brokoli lebih dikenal sebagai salah satu sayuran oriental, sehingga brokoli belum terlalu dikenal oleh masyarakat Indonesia namun memiliki nilai jual tinggi. Namun di sisi lain, brokoli memiliki kelemahan yaitu daya tahan brokoli sangat rendah setelah panen, kuncup bunganya akan cepat membuka dan mengembang. Hal ini ditandai dengan perubahan warna bunga dari hijau menjadi kuning dalam waktu singkat, serta jika tidak disimpan pada suhu rendah maka umur simpan brokoli hanya sekitar 3 hari dengan pangkal batang berair dan seterusnya akan membusuk (Safaryani *et al.*, 2007).

Perlu dilakukan proses pengolahan yang dapat menjaga kualitas brokoli setelah panen. Proses pengolahan ini diharapkan dapat memperpanjang umur simpan brokoli namun kualitas brokoli tetap terjaga, sehingga distribusi brokoli dapat menjadi semakin panjang dan brokoli dapat menjadi salah satu komoditas ekspor Indonesia maupun industri *horeca* (*hotel-restaurant-catering*). Salah satu proses pengolahan yang dinilai dapat memenuhi kriteria tersebut adalah pembekuan. Metode pembekuan sayuran sendiri bukan pertama kali dilakukan untuk brokoli, namun sudah dilakukan pada

beberapa komoditas sayuran lainnya seperti jagung (*corn kernel*), kacang polong, kentang dan buncis.

Pembekuan sayuran adalah teknik preservasi yang paling sering dilakukan, dibandingkan dengan teknik pengalengan dan pengeringan. Hal ini disebabkan karena pembekuan dapat memberikan keunggulan dalam menjaga kualitas sayuran beku tetap sama seperti bentuk segarnya jika dilihat dari sisi atribut sensori dan nutrisi (Patras *et al.*, 2011). Di sisi lain metode pembekuan diduga akan berdampak pada kualitas nilai fungsional brokoli, misalnya terhadap nilai kandungan vitamin C dan aktivitas antioksidan, serta atribut mutu fisik, misalnya tekstur dan warna brokoli. Suhu dan lama penyimpanan diduga menjadi faktor utama yang mempengaruhi perubahan mutu dari brokoli beku, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap nilai kandungan vitamin C, aktivitas antioksidan, kadar air, warna serta tekstur selama penyimpanan.



1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Brokoli

Brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) merupakan sayuran berbentuk kuntum bunga, berwarna hijau tua atau muda. Brokoli memiliki daya tahan yang sangat rendah setelah panen, kuncup bunganya akan cepat membuka dan mengembang. Warna bunga juga cepat berubah warna dari hijau ke kuning karena laju respirasi pada bagian bunga yang tersusun dari jaringan muda dan sangat aktif dalam proses biologis sangat tinggi (Safaryani *et al.*, 2007). Brokoli tergolong ke dalam keluarga kubis-kubisan dan termasuk sayuran yang tidak tahan terhadap udara panas. Brokoli berbentuk bulat, terdiri dari cabang-cabang kecil dan berdaging seolah-olah seperti kumpulan lengan. Pada setiap cabang terdapat sekelompok kuntum hijau disebut kepala bunga utama. Kepala bunga utama, kepala bunga samping dan tangkai yang berdaging semuanya dapat dimanfaatkan sebagai sayuran (Novary, 1997). Berikut adalah gambar dari brokoli segar.



Gambar. 1 Brokoli Segar

Menurut Miglio *et al.* (2008), Gliszczynska-Swiglo *et al.* (2006), dan Podsedek *et al.* (2008) konsumsi sayuran *Brassica* dipercaya dapat mengurangi risiko serangan penyakit degeneratif, kanker, dan penyakit kardiovaskular. Hal ini disebabkan sayuran *Brassica* mengandung berbagai senyawa yang baik untuk menunjang kesehatan seperti mineral, senyawa antioksidan, seperti vitamin C dan E, senyawa fenolik, karotenoid serta glukosinolat. Menurut Jones *et al.*, (2006) dan Roy *et al.*, (2009), brokoli segar mengandung berbagai macam senyawa fitokimia, termasuk glukosinolat, flavonol,

karotenoid, vitamin, dan mineral. Senyawa antioksidatif utama yang terkandung dalam brokoli adalah flavonoid dan vitamin. Pada tabel 1 berikut ini dapat dilihat komposisi gizi dari 100 gram brokoli segar.

Tabel 1. Komposisi Gizi pada 100 gram Brokoli

Nutrisi (satuan)	Nilai per 100 gram Bahan
Energi (kkal)	35,0
Karbohidrat (g)	2,0
Lemak (g)	0,3
Protein (g)	4,6
Asam organik (g)	0,3
Asam lemak total (g)	0,3
Serat (g)	2,5
Total gula (g)	2,0
Mineral (mg)	589,1
Vitamin C (mg)	120,0

(National Institute for Health and Welfare, 2011)

Brokoli dapat dikonsumsi mentah sebagai salah satu bahan pelengkap salad (Podsedek, 2007 dan Howard *et al.*, 1999). Namun menurut Roy *et al.*, (2009); Zhang & Hamazu, (2004); dan Miglio *et al.*, (2008) secara umum, berbagai jenis sayuran, termasuk brokoli akan melalui proses pemasakan terlebih dahulu sebelum dikonsumsi. Dalam hal ini, proses pengolahan panas yang sering dilakukan diketahui menyebabkan adanya perubahan yang signifikan pada komposisi kimia, mempengaruhi konsentrasi dan ketersediaan dari senyawa bioaktif sayuran. Misalnya penurunan nutrisi yang larut air dan sensitif terhadap panas, seperti vitamin C. Namun demikian, pada beberapa kondisi yang menggunakan panas, ketersediaan dari senyawa protektif justru akan meningkat saat sayuran dimasak.

1.2.2. *Blanching*

Menurut Rungapamestry *et al.*, (2007), brokoli adalah salah satu sayuran *Brassica* yang paling sering dikonsumsi. Seiring dengan perkembangan penggunaan produk beku di pasaran, maka produk brokoli beku dapat menjadi produk pangan yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Kualitas nutrisi produk sayuran beku lebih rendah bila dibandingkan dengan kualitas sayuran segar, namun produk sayuran beku memiliki keunggulan yaitu

memiliki umur simpan yang lebih lama. *Blanching* adalah tahap proses pertama yang biasa dilakukan pada industri sayuran beku sebelum proses *blast-freezing*. *Blanching* dilakukan untuk mengurangi jumlah mikroba dan menginaktivasi enzim yang dapat menyebabkan perubahan tekstur selama pembekuan.

Blanching adalah suatu proses perlakuan panas pada sayuran dan buah-buahan dalam waktu singkat. Menurut Patras *et al.*, (2011), *blanching* dilakukan dengan meletakan sayuran di dalam air panas atau dengan memberikan uap panas selama 1-10 menit pada suhu 75-95°C. Kombinasi waktu dan suhu tergantung pada jenis sayuran. Selain itu, menurut Roy *et al.*, (2009), *blanching* tidak hanya memperpanjang umur simpan dari sayuran dengan menginaktifkan enzim yang menyebabkan pencokelatan (polifenoloksidase, lipoksigenase dan peroksidase), namun juga dapat memperkuat warna dan flavor sayuran atau buah-buahan. Secara umum, *blanching* dilakukan dengan menggunakan air mendidih. Metode ini sangat sederhana dan murah, namun potensi terjadinya *leaching* senyawa larut air sangat tinggi. Di sisi lain, metode *steam blanching* diketahui dapat lebih mencegah terjadinya *leaching* senyawa larut air pada brokoli.

Volden *et al.*, (2009), mengatakan bahwa tujuan utama dilakukan *blanching* adalah untuk menginaktifkan enzim degradatif. Setelah proses *blanching* selesai, suhu pada sayuran harus segera diturunkan dengan mendinginkan sayuran. Sedangkan menurut Patras *et al.*, (2011), *blanching* sayuran dilakukan sebelum proses pembekuan untuk menginaktifkan enzim, mengurangi jumlah mikroba, mengeluarkan gas dari jaringan makanan dan mengerutkan sayuran agar mudah dikemas, memperoleh warna, tekstur, dan permukaan bahan yang bersih. Namun di sisi lain, *blanching* juga dapat berdampak negatif pada kandungan nutrisi sayuran, karena beberapa senyawa nutrisi sayuran seperti vitamin dan senyawa fenolik relatif tidak stabil jika diberi perlakuan panas.

Steam blanching memiliki keunggulan dalam menjaga brokoli dari kehilangan senyawa fitokimia bila dibandingkan dengan *hot water blanching*. Saat ini, *steam blanching* adalah metode yang paling sering digunakan oleh industri makanan, karena murah dan dapat menjaga lebih banyak mineral dan komponen larut air. *Steam blanching* yang dilakukan dengan cara memanaskan bahan pada kondisi kandungan uap yang tinggi

ternyata efektif untuk meminimalkan pengaruh akibat oksidasi selama proses termal (Roy *et al.*, 2009).

Menurut Jones *et al.*, (2006), pembekuan sayuran, salah satunya adalah brokoli adalah proses pengolahan yang sering dilakukan oleh industri makanan dan selalu didahului dengan proses *blanching* pada bahan yang dimaksudkan untuk menginaktifkan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan. Selain itu, senyawa glukosinolat paling baik dijaga dalam kondisi beku, karena enzim mirosinase menjadi inaktif pada saat dilakukan *blanching*.

1.2.3. Freezing

Freezing merupakan unit operasi di mana suhu bahan pangan diturunkan hingga di bawah titik bekunya dan sebagian dari air di dalam bahan pangan tersebut berubah bentuknya menjadi kristal-kristal es. Perubahan dari air menjadi es dan konsentrasi larutan pada air yang tidak terbekukan dapat menurunkan aktivitas air (A_w) pada bahan pangan. Efek pengawetan dapat dicapai dengan mengkombinasikan suhu rendah, penurunan a_w , dan pada beberapa bahan pangan, *pretreatment* seperti *blanching*. *Freezing points* untuk produk sayuran berkisar antara $-0,8$ sampai $-2,8^{\circ}\text{C}$ (Fellows, 2000). Sedangkan menurut Singh & Heldman (2001), *freezing* merupakan salah satu cara yang sering dilakukan untuk mengawetkan bahan pangan supaya mempunyai umur simpan yang lebih panjang. Atau dapat dikatakan bahwa *freezing* merupakan proses pendinginan cairan, di mana pada suhu tertentu cairan akan berubah menjadi padatan (es). Suhu itu disebut sebagai *freezing point*. Pada suhu yang rendah ($<0^{\circ}\text{C}$) pertumbuhan mikroorganisme dapat diperlambat. Selain itu pada suhu yang rendah reaksi enzimatik dan reaksi oksidatif dapat dihambat.

Masalah iklim, cuaca, dan faktor alam yang berpengaruh langsung terhadap penurunan kualitas sayuran yang telah dipanen menjadi latar belakang manusia untuk memperpanjang umur simpan atau mengawetkan sayuran. Pembekuan sayuran adalah teknik preservasi yang paling sering dilakukan, dibandingkan dengan teknik pengalengan dan pengeringan. Hal ini disebabkan karena pembekuan dapat memberikan keunggulan dalam menjaga kualitas sayuran beku tetap sama seperti bentuk segarnya

jika dilihat dari sisi atribut sensori dan nutrisi. Walaupun pembekuan dapat membantu mengawetkan bahan pangan dengan memperlambat reaksi enzimatik, pembusukan dan pertumbuhan mikroba, namun demikian hal tersebut tidak berhenti seutuhnya. Selama penyimpanan beku, bahan pangan juga dapat mengalami *off-odors*, *off-colours*, *off-flavours*, dan perubahan pada tekstur dan kehilangan senyawa nutrisi (Patras *et al.*, 2011).

Selain itu, Tosun *et al.*, (2007) mengatakan bahwa walaupun senyawa nutrisi pada produk beku dapat lebih terjaga bila dibandingkan dengan metode preservasi lainnya, namun tidak menutup kemungkinan akan terjadi kehilangan nutrisi dalam jumlah tinggi pada produk pangan beku selama periode *pre-freezing* dan *pre-consumption*. Hal ini disebabkan karena reaksi kimia, biokimia dan fisik mungkin tidak berhenti secara sempurna saat pembekuan, sehingga kecepatan dari semua reaksi yang terjadi berdasarkan dari suhu penyimpanan. Jika sayuran tidak disimpan dalam kemasan yang tidak tahan uap air dan tahan terhadap oksigen, maka kristal es pada permukaan sayuran akan digantikan oleh udara, sehingga permukaan sayuran akan kontak langsung dengan oksigen yang akan mengakibatkan terjadi oksidasi pada molekul tertentu, misalnya asam askorbat. Proses kerusakan ini dapat dipercepat dengan bertambahnya suhu saat penyimpanan, misalnya pintu *freezer* yang sering dibuka dan ditutup.

1.2.4. Vitamin C

Atribut mutu yang sering diukur pada produk sayuran adalah vitamin C. Vitamin C merupakan antioksidan larut air paling penting yang terdapat pada ruang ekstraselular dan intraselular dalam hampir semua sistem biologi, dimana vitamin C dapat berpartisipasi dalam reaksi redoks (Gliszczynska-Swiglo *et al.*, 2006). Vitamin C dalam bentuk murni merupakan kristal putih, tidak berwarna, tidak berbau dan mencair pada suhu 190-192°C. Senyawa ini bersifat reduktor kuat dan memiliki rasa asam. Vitamin C sangat mudah larut dalam air, sedikit larut dalam alkohol dan tidak larut dalam benzena, eter, kloroform, minyak dan sejenisnya. Walaupun vitamin C stabil dalam bentuk kristal, tetapi mudah rusak atau terdegradasi jika berada dalam bentuk larutan, terutama jika terdapat udara, logam dan cahaya (Andarwulan & Koswara, 1992). Sedangkan menurut Klein & Kurilich (2000), vitamin C adalah senyawa vitamin paling tidak stabil

terhadap larut air dan mudah teroksidasi, terutama pada pH netral. Banyak pengujian ketahanan vitamin dalam bahan pangan memfokuskan pada kandungan vitamin C, dengan asumsi jika vitamin C dapat bertahan maka senyawa nutrisi lain yang sejenis dianggap dapat bertahan pula.

Kehilangan vitamin C tergantung pada jenis sayuran dan proses pengolahan yang digunakan. Pemanasan saat pengolahan, seperti perebusan, pengukusan dan *pressure cooking* pada sayuran selama 1 jam dapat mengakibatkan lebih dari 50% vitamin C mengalami kerusakan (Andarwulan & Koswara, 1992). Adanya oksigen dan pemanasan yang terlalu lama dapat merusak kandungan vitamin C dalam makanan. Kerusakan atau oksidasi vitamin C terjadi karena adanya udara, dalam kondisi netral dan basa (deMan, 1997). Selain itu, saat pemotongan sayur-sayuran juga dapat mengakibatkan kehilangan vitamin C dalam jumlah banyak (Fennema, 1985).

Menurut Volden *et al.*, (2009), asam L-askorbat adalah senyawa fitokimia yang paling sering diteliti sehubungan dengan proses dan penyimpanan buah dan sayur. Hal tersebut juga dikemukakan oleh Tosun *et al.*, (2007), yang mengatakan bahwa vitamin C yang merupakan vitamin yang paling sensitif, sering digunakan sebagai indikator dalam mengukur derajat perubahan karena adanya proses pemasakan. Hal ini dikarenakan asam L-askorbat sangat labil dan sangat larut air. Kehilangan asam askorbat selama proses dapat terjadi akibat enzim asam askorbat oksidase, kerusakan akibat panas dan *leaching*. Diketahui bahwa *blanching* dapat menyebabkan penurunan kandungan vitamin C pada brokoli hingga 41-42%, dan brokoli yang sudah di-*blanching* dan disimpan dalam keadaan beku selama setahun menyebutkan bahwa besar kandungan asam askorbat pada brokoli segar adalah sebesar $374,1 \pm 2,12$ mg/100 gram dan pada brokoli *blanching* yang dibekukan adalah sebesar $373,2 \pm 5,67$ mg/100 gram.

Volden *et.al.* (2009) dan Volden *et.al.* (2008), menyebutkan proses pemasakan secara signifikan memberikan efek pada kandungan senyawa fitokimia, seperti L-Asam Askorbat (L-AA) pada bunga kol dan kubis merah. Dampak dari proses pemanasan basah berhubungan dengan jumlah panas dan air yang digunakan pada pemrosesan. Oleh karena itu, pengukusan tanpa kontak dengan air, menyebabkan penurunan paling

minimal terhadap senyawa tersebut, diikuti dengan *blanching*, dan perebusan (10 menit kontak dengan air). Larutnya senyawa L-asam askorbat merupakan fungsi dari jumlah air per berat sayuran, suhu dan waktu pemanasan, ukuran partikel sayur, dan total area permukaan potongan sayuran.

1.2.5. Aktivitas Antioksidan

Tujuan utama dilakukan proses pembekuan adalah untuk menjaga karakteristik bahan pangan agar tetap sama dengan bahan segar, serta untuk meminimalkan kehilangan nutrisi seperti vitamin dan senyawa antioksidan lainnya selama penyimpanan (Patras *et al.*, 2011). Maka dari itu selain vitamin C, hal yang sering diukur untuk mengetahui kualitas sayuran beku adalah aktivitas antioksidan. Senyawa antioksidan banyak terdapat pada sayur, buah dan rempah-rempah. Dari beberapa jenis sayuran, brokoli dikenal sebagai salah satu sumber penting berbagai senyawa aktif, termasuk di dalamnya polifenol. Senyawa fenol dapat berfungsi sebagai antioksidan karena memiliki sifat redoks sehingga dapat berfungsi sebagai senyawa pereduksi, donator hidrogen dan penangkap oksigen. Aktivitas antioksidan dari polifenol dilihat dari fungsinya sebagai pereduksi, kemampuan untuk menangkap radikal bebas dan berikatan dengan ion logam – kofaktor dari enzim yang mengkatalis reaksi oksidatif, penghambat kerja enzim oksidase, mengakhiri reaksi rantai radikal dan menstabilkan radikal bebas. Brokoli segar mengandung $2,70 \pm 0,02$ mg/g senyawa fenol dari berat basahnya (Chipurura *et al.*, 2010 dan Gawlik-Dziki, 2008). Sedangkan Patras *et al.*, (2011) menyebutkan bahwa total senyawa fenol pada brokoli segar adalah $446,0 \pm 12,21$ mg/100 gram, pada brokoli *blanching* beku sebesar $448,0 \pm 0,98$ mg/100 gram dan pada brokoli beku tanpa *blanching* sebesar $521,0 \pm 2,32$ mg/100 gram.

Selain itu Miglio *et al.*, (2008), mengatakan bahwa terdapat $99,8 \pm 2,4$ mg/100 gram total senyawa fenol pada brokoli segar. Berbagai macam metode pemasakan, berpengaruh pada kandungan senyawa aktif dalam sayuran. Total senyawa fenol pada brokoli yang direbus turun menjadi $27,0 \pm 3,4$ mg/100 gram, kemudian pada brokoli yang dikukus turun menjadi $61,8 \pm 8,2$ mg/100 gram dan pada brokoli yang digoreng turun menjadi $40,3 \pm 0,7$ mg/100 gram. Hal tersebut serupa dengan Zhang & Hamazu

(2004), yang mengatakan bahwa pemasakan mempengaruhi komponen antioksidan dan aktivitas antioksidan dari brokoli.

Chipurura *et al.*, (2010) menegaskan bahwa proses pemasakan pada sayuran, seperti *blanching*, pengalengan, sterilisasi dan pembekuan mempengaruhi besar *yield*, komposisi dan *bioavailability* dari senyawa antioksidan. Selama pemasakan, terjadi pemecahan senyawa antioksidan, kemudian senyawa tersebut larut ke dalam air di sekitar bahan. Maka hal tersebut berpengaruh terhadap aktivitas antioksidan dari sayuran. Namun di sisi lain proses pemanasan juga dapat meningkatkan jumlah fenolik dan flavonoid pada brokoli. Ini disebabkan proses pemanasan dapat memecah membran sel dan dinding sel, sehingga dapat senyawa fitokimia dari bagian yang tidak larut pada brokoli dapat lepas (Roy *et al.*, 2009).

Menurut Gawlik-Dziki (2008) dan Brand-Williams *et al.*, (1995), pengujian aktivitas antioksidan ini menggunakan larutan metanol. Sedangkan Miliauskas *et al.*, (2003), mengatakan bahwa aktivitas antioksidan dapat diukur dengan menggunakan *radical scavenging activity* DPPH (2,2-diphenil-1-picrylhydrazil radical), dimana antioksidan dalam sampel akan bereaksi DPPH dan mengubahnya menjadi *alfa,alfa-diphenyl-beta-picrylhydrazine*. Perubahan serapan yang dihasilkan oleh reaksi ini menjadi ukuran kemampuan antioksidan dari sampel. Saat DPPH bereaksi dengan senyawa yang mengandung antioksidan yang dapat mendonorkan hidrogen, DPPH tersebut kemudian akan tereduksi. Reduksi DPPH mengakibatkan terjadinya perubahan warna pada larutan sampel yang mengandung antioksidan. Larutan kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang 515 nm menggunakan spektrofotometer.

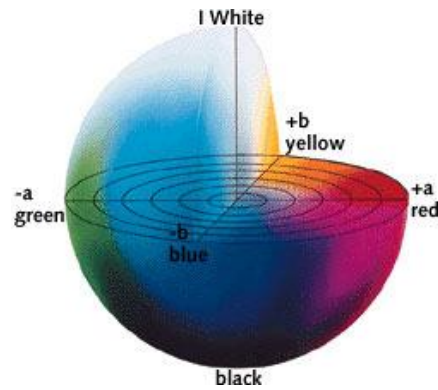
1.2.6. Warna dan Tekstur

Selain kandungan vitamin C dan aktivitas antioksidan, atribut mutu yang harus diperhatikan pada produk olahan sayuran adalah atribut fisik. Beberapa atribut fisik yang harus diperhatikan adalah warna dan tekstur karena terkait langsung dengan penerimaan konsumen. Penilaian kualitas bahan pangan pertama kali oleh seorang konsumen adalah penampakan visual. Warna yang tidak normal, terutama yang

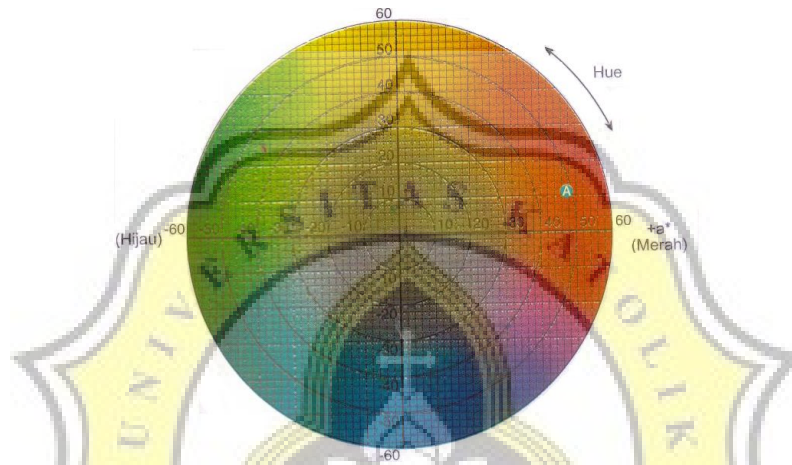
berhubungan dengan penurunan *eating quality* atau kerusakan bisa menyebabkan penolakan produk oleh konsumen (Avila & Silva dalam Akoy *et.al.*, 2008).

Warna berhubungan dengan persepsi dan interpretasi subjektif. Maka pengukuran dengan suatu alat standar bisa memudahkan komunikasi warna dan mengurangi persoalan relatif warna. Salah satu pengukuran warna yang sering dilakukan adalah dengan menggunakan alat *chromameter*. Hasil pengukuran berupa data dalam satuan warna $L^*a^*b^*$ atau L^*C^*h . Satuan warna L^*C^*h menggunakan diagram yang sama dengan yang digunakan satuan warna $L^*a^*b^*$, tetapi tidak menggunakan koordinat bola melainkan silindris. Dalam satuan warna ini, L^* menyatakan *lightness*, sama dengan L^* pada satuan CIELAB, C^* adalah *chroma*, dan h adalah sudut *hue*. Nilai *chroma* C^* di pusat adalah 0 dan terus bertambah sebanding dengan jarak dari pusat. Sudut *hue* h didefinisikan dimulai dari absis 0^0 berarti $+a^*$ (merah), 90^0 berarti $+b^*$ (kuning), 180^0 berarti $-a^*$ (hijau), dan 270^0 berarti $-b^*$ (biru). *Hue* adalah istilah yang dipakai dalam dunia warna untuk klasifikasi macam warna seperti merah, kuning, biru, dan lain-lain. *Lightness* adalah seberapa cerah warna suatu bahan, warna ini dapat dibedakan menjadi warna cerah dan gelap. Misalnya warna kuning lemon lebih bersinar daripada kuning jeruk. *Lightness* diukur secara independen dari setiap *hue* (Minolta Co., 1998).

Hal tersebut serupa dengan yang dikatakan oleh MacDougall (2002), yaitu satuan warna $L^*a^*b^*$ (dikenal sebagai CIELAB) saat ini merupakan satuan warna yang paling populer untuk pengukuran warna objek dan secara luas dipakai di berbagai bidang. Pada satuan ini, L^* menandakan kecerahan (*lightness*) dengan skala 0-100, sementara a^* dan b^* merupakan koordinat *chromacity* dengan skala -60 sampai 60. Nilai $+a^*$ menandakan arah merah $-a^*$ hijau, $+b^*$ kuning dan $-b^*$ biru. Seiring dengan penambahan nilai a^* dan b^* , titik yang diamati bergerak ke arah luar, *saturation* warna bertambah. Gambar dari diagram pemetaan warna CIELAB dapat dilihat pada gambar 2 dan diagram a^*b^* *chromaticity* pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 2. Pemetaan Warna CIELAB [Sumber : Minolta Co, Ltd. (1998)].



Gambar 3. Diagram a^*b^* Chromacity. [Sumber : Minolta Co, Ltd. (1998)].

Parameter kualitas dari suatu produk pangan lainnya adalah tekstur. Tekstur adalah sebuah gabungan sifat-sifat fisik yang berasal dari struktur bahan pangan. Berdasarkan tingkat kepentingannya dalam menentukan mutu suatu bahan pangan, maka makanan dapat dibagi dalam 3 kelompok, yaitu *critical*, *important*, dan *minor*. Dalam hal ini sayuran termasuk kategori penting (*important*), namun tidak memiliki peran yang dominan dalam menentukan kualitas secara keseluruhan.

Menurut Rosenthal (1999), tujuan pengukuran tekstur pada buah dan sayuran dapat dibedakan menjadi 2, yaitu untuk menentukan tingkat kematangan hasil panen dan untuk menentukan kualitas dari produk olahan. Perubahan struktur pada sel buah dan sayur akibat proses pengolahan merupakan akibat dari interaksi kompleks antara respon senyawa kimia terhadap suhu, perlakuan menggunakan senyawa kimia (garam, gula, asam), dan keseluruhan struktur dari sel tersebut. Salah satu contoh alat yang dapat

digunakan untuk mengukur tekstur secara objektif adalah *Lloyd Texture Analyzer*. Pengujian tingkat kekerasan atau *hardness* diuji menggunakan kriteria TPA (*Texture Profile Analysis*). *Hardness* secara subjektif dapat diartikan sebagai tenaga tertinggi yang terjadi saat pertama kali uji penekanan sampel (*compressive*) berlangsung. *Hardness* juga dapat didefinisikan sebagai sebuah tenaga yang dibutuhkan untuk merusak atau menghancurkan sampel di antara gigi geraham (Bourne, 2002).

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu dan lama penyimpanan produk brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) beku terhadap nilai kandungan vitamin C, aktivitas antioksidan, warna, dan tekstur brokoli.



2. MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan April hingga Agustus 2011. Penanganan sampel dan perlakuan kondisi suhu penyimpanan dan lama penyimpanan sampel dilakukan di Laboratorium Rekayasa Pengolahan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Pengujian sensoris dilakukan di Laboratorium Mutu dan Keamanan Pangan. Sedangkan pengujian vitamin C, aktivitas antioksidan, kadar air, tekstur dan warna terhadap sampel dilakukan di Laboratorium Ilmu Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

a. Materi

2.1.2. Alat

Secara umum alat yang digunakan selama penelitian ini ada empat macam, yaitu alat untuk proses persiapan sampel, alat untuk menyimpan sampel, alat untuk pengujian kimia dan alat untuk pengujian fisik. Alat-alat yang digunakan dalam proses persiapan sampel, yaitu timbangan analitik, termometer digital, dandang untuk proses *steam blanching*, kompor, *stopwatch*, blender, kain saring, *sealer*, lemari es, dan *freezer*. Alat-alat yang digunakan dalam pengujian kimia, yaitu kertas saring, erlenmeyer, *beaker glass*, corong, labu takar, buret, statif, pipet volume, pompa *pilleus*, pipet tetes, cawan porselen, timbangan AR 310, penjepit, vial, *shaker*, tabung reaksi, rak tabung reaksi, mikropipet, dan *spectro UV mini 1240* merk Shimadzu. Alat-alat yang digunakan dalam pengujian fisik, yaitu *texture analyzer Lloyd Instruments* dengan probe “*Warner Bratzler Shear Blade square cut*” dan *chromameter* Minolta CR 400.

2.1.3. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah brokoli segar yang diperoleh dari pasar Kanjengan, Semarang dan plastik polyethylene *vacuum*. Bahan-bahan yang digunakan dalam analisa kimia, yaitu 2,6-diklorofenol indofenol, NaHCO_3 (sodium bikarbonat), HPO_3 (asam metafosfat), asam asetat, asam askorbat, metanol 98%, DPPH (2,2 -*diphenil-2-picrylhydrazil*) dan aquades.

2.2. Metode

2.2.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan dibagi menjadi dua tahap, yaitu penelitian optimalisasi perlakuan *blanching* dan optimalisasi pengemas.

2.2.1.1. Optimalisasi Perlakuan *Blanching*

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan *blanching* pada brokoli sebelum dibekukan yang paling disukai oleh responden. Kemudian hasil dari uji optimalisasi *blanching* ini akan diteruskan ke pengujian utama. Penelitian ini dilakukan dengan memberikan lima jenis perlakuan *blanching* ke sayur brokoli, yaitu *steam blanching* pada suhu 80°C selama 2 menit, *steam blanching* pada suhu 80°C selama 3 menit, *hot water blanching* pada suhu 80°C selama 2 menit dan *hot water blanching* pada suhu 80°C selama 3 menit, serta perlakuan kontrol (tanpa *blanching*). Kemudian dilakukan uji sensoris tingkat kesukaan dari kelima sampel brokoli pada 50 panelis tidak terlatih. Pengujian sensoris yang dilakukan meliputi tingkat kesukaan pada warna, tekstur, dan *overall*.

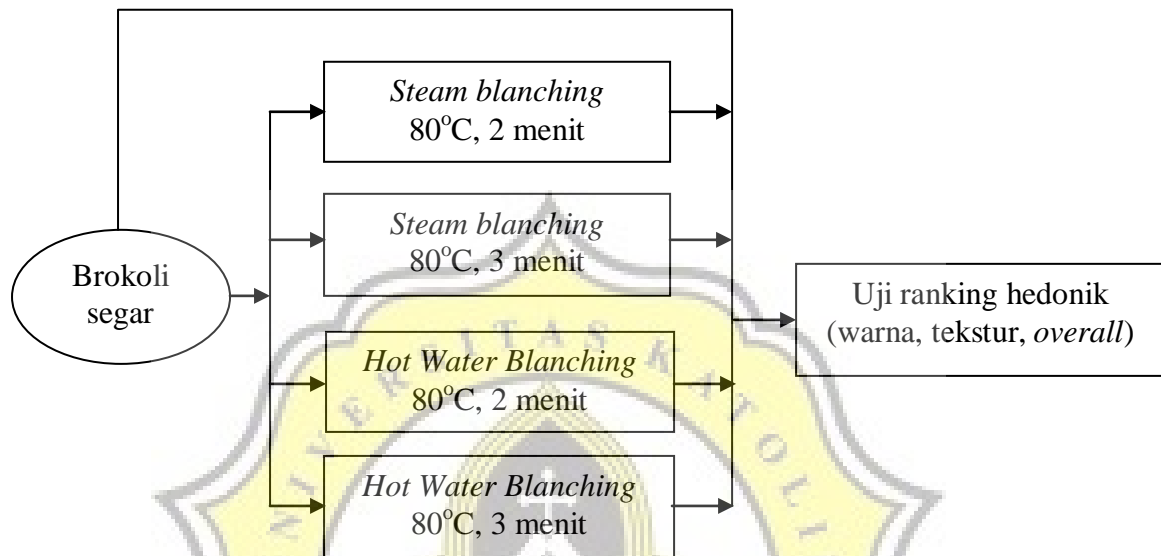
a. Uji Ranking Hedonik

Uji ranking hedonik dilakukan terhadap parameter warna, tekstur dan *overall* dari sample brokoli yang telah diberi perlakuan *blanching*. Uji ranking hedonik dilakukan pada 30 responden dan masing –masing responden harus mengisi lembar kuisioner yang telah disediakan. Skala yang digunakan adalah sebagai berikut :

- 1 = sangat tidak suka
- 2 = tidak suka
- 3 = cukup suka
- 4 = suka
- 5 = sangat suka

Berikut adalah diagram alir penelitian pendahuluan optimalisasi perlakuan *blanching* (Gambar 4.). Brokoli segar sebanyak ± 10 kg yang dibeli dari pasar Kanjengan, Semarang semalam sebelum hari pengujian dipotong pada setiap kuntum. Setiap kuntum brokoli berukuran tinggi $\pm 6-7$ cm, kemudian diberi 5 perlakuan yaitu kontrol

(brokoli segar), *steam blanching* suhu 80°C selama 2 dan 3 menit, dan *hot water blanching* pada suhu 80°C selama 2 dan 3 menit (Patras *et al.*,2011). Kemudian dilakukan uji ranking hedonik untuk menentukan tingkat kesukaan terhadap atribut warna, tekstur (kekerasan) dan *overall* dari sampel brokoli. Uji ranking hedonik dilakukan pada 50 panelis tidak terlatih.



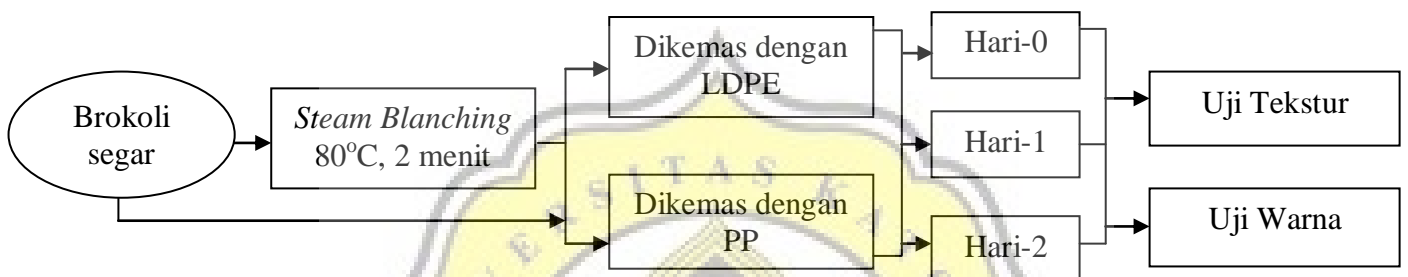
Gambar 4. Desain Uji Optimalisasi *Blanching*

2.2.1.2. Optimalisasi Bahan Pengemas

Uji pendahuluan yang kedua adalah uji optimalisasi bahan pengemas yang akan digunakan dalam pengujian utama. Jenis bahan pengemas yang akan diuji adalah plastik *Polypropylene* (PP) dan plastik *Light Density Polyethylene* (LDPE). Dalam pengujian optimalisasi pengemas ini diberikan tiga macam perlakuan, yang pertama adalah perlakuan kontrol yaitu brokoli segar sebanyak $\pm 0,5$ kg atau sekitar 2 bonggol yang dibeli setiap hari dari pasar Kanjengan, Semarang pada malam sebelum hari pengujian. Perlakuan berikutnya adalah brokoli segar yang telah dipotong pada setiap kuntum bunganya dikemas dalam plastik *Polypropylene* (PP) dan *Light Density Polyethylene* (PE), kemudian disimpan selama 2 hari. Dalam semua perlakuan, brokoli segar dipotong pada setiap kuntum bunga dengan ukuran tinggi $\pm 6-7$ cm. Setelah itu setiap hari dilakukan pengujian terhadap parameter fisik brokoli yang meliputi pengujian tekstur dengan menggunakan *texture analyzer Lloyd Instruments* dengan probe “Warner

Bratzler Shear Blade square cut” dan pengujian warna dengan menggunakan *chromameter* Minolta CR 400.

Berikut adalah gambar diagram alir penelitian yang dilakukan selama uji pendahuluan optimalisasi bahan pengemas (Gambar. 5). Sampel brokoli dikemas dalam dua macam plastik, yaitu *Light Density Polyethylene* (LDPE) dan *Polypropylene* (PP) lalu disimpan pada suhu ruang selama 2 hari. Pengujian fisik yang dilakukan adalah uji tekstur dan uji warna.



Gambar 5. Desain Uji Optimalisasi Pengemas

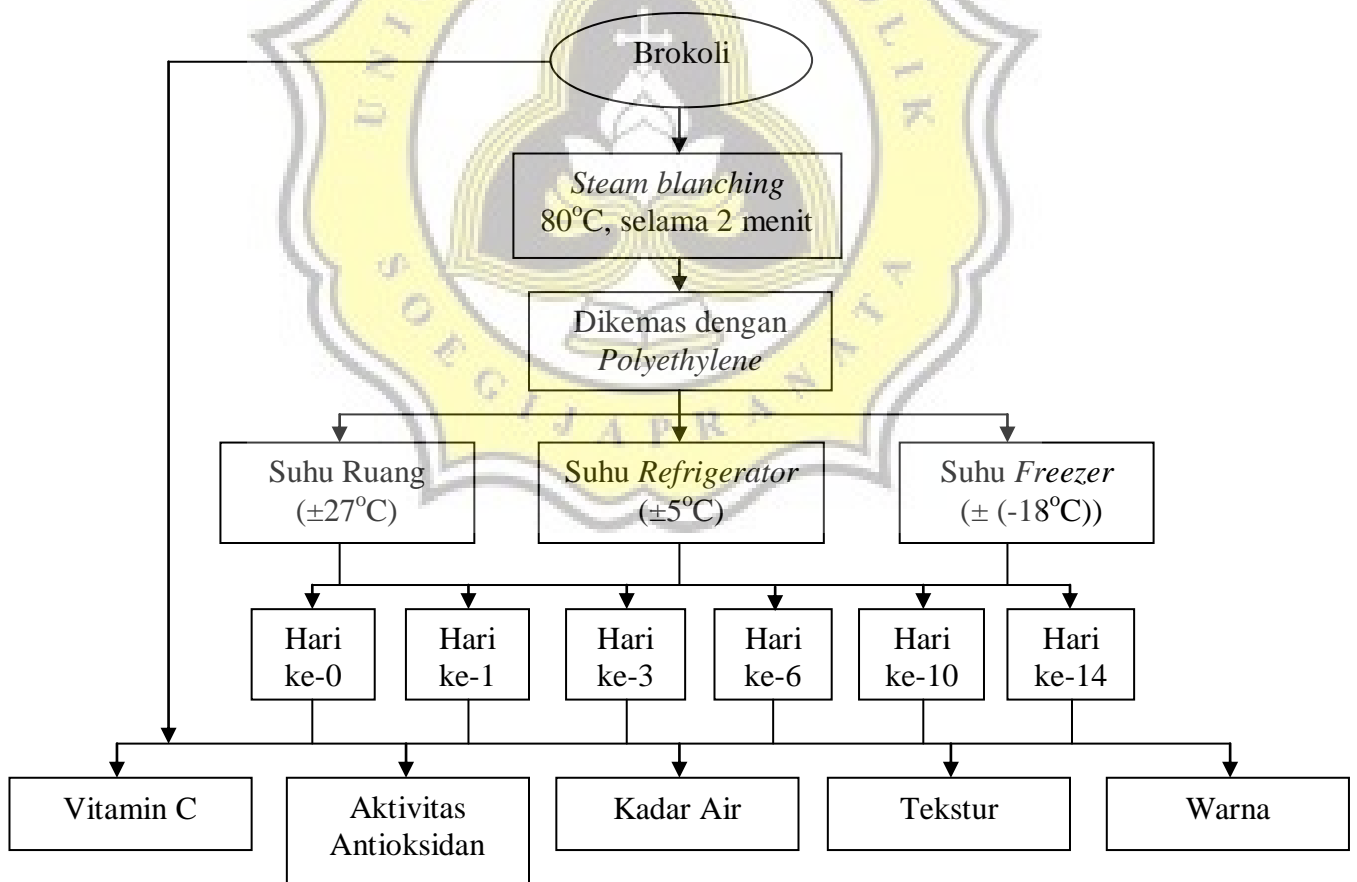
2.2.2. Penelitian Utama

2.2.2.1. Perlakuan Persiapan Sampel

Brokoli segar sebanyak ± 12 kg dibeli di pasar Kanjengan pada malam sebelum hari persiapan sampel. Kemudian brokoli segar dipotong dengan ukuran $\pm 6 - 7$ cm pada setiap kuntum bunga brokoli, lalu ditimbang sebanyak 200 gram untuk setiap sampel. Kemudian brokoli dicuci dengan menggunakan air mengalir, setelah itu ditiriskan. Kemudian brokoli diberi perlakuan *steam blanching* pada suhu 80°C selama 2 menit. Proses *steam blanching* dilakukan pertama dengan memanaskan air dengan perbandingan 5:1 antara air dan bahan dalam dandang. Kemudian ditunggu sampai air mendidih dan menghasilkan uap. Kuntum brokoli yang telah dicuci dimasukkan ke dalam dandang selama 2 menit. Pengukuran suhu uap dalam dandang dilakukan dengan menggunakan termometer digital dan suhu dijaga agar berkisar pada suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$. Setelah proses *steam blanching* selesai, brokoli langsung didinginkan dengan memasukkan brokoli dalam campuran air dan es selama 2 menit, kemudian ditiriskan selama 30 menit (Grzeszcuk *et al.*, 2007). Kemudian brokoli dikemas dalam kemasan LDPE sebanyak 200 gram setiap kemasan, setelah itu kemasan dilas dengan

menggunakan *sealer*. Setiap kemasan kemudian disimpan pada berbagai suhu penyimpanan, yaitu suhu ruang ($\pm 27^{\circ}\text{C}$), suhu *refrigerator* ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) dan suhu *freezer* ($\pm 18^{\circ}\text{C}$).

Berikut ini adalah gambar desain penelitian yang dilakukan selama penelitian utama (Gambar. 6). Brokoli yang telah diberi perlakuan kontrol (segar) dan *blanching* sesuai dengan hasil penelitian optimalisasi metode *blanching*, kemudian dikemas dengan menggunakan kemasan yang ditentukan dari hasil penelitian optimalisasi kemasan. Kemudian sampel disimpan pada tiga suhu penyimpanan, yaitu suhu ruang ($\pm 27^{\circ}\text{C}$), suhu *refrigerator* ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) dan suhu *freezer* ($\pm -18^{\circ}\text{C}$). Setelah itu dilakukan pengujian kandungan vitamin C, aktivitas antioksidan, kadar air, tekstur dan warna pada masing-masing sampel. Pengambilan dan pengujian sampel dilakukan pada hari ke-0,1, 3, 6, 10, dan 14. Sampel yang sudah terlihat tidak layak dikonsumsi pada hari tertentu tidak diuji kandungan vitamin C, aktivitas antioksidan, kadar air, tekstur dan warna.



Gambar 6. Desain Penelitian Utama

2.2.2.2. Analisa Vitamin C

Analisa vitamin C pada penelitian ini meliputi beberapa tahap sesuai dengan teori dari AOAC (1995), yaitu:

a. Pembuatan Larutan Standar 2,6-Diklorofenol Indofenol

Sebanyak 50 mg 2,6-diklorofenol indofenol dilarutkan dalam 50 ml aquades yang telah ditambahkan 42 mg NaHCO_3 (sodium bikarbonat). Kemudian diencerkan dengan aquades hingga 200 ml dan disaring dengan kertas saring. Lalu larutan ini disimpan dalam botol gelap di dalam lemari es.

b. Pembuatan Larutan $\text{HPO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$

Sebanyak 15 g HPO_3 (asam metafosfat) dilarutkan dalam 40 ml asam asetat dan 200 ml aquades. Selanjutnya diencerkan dengan aquades hingga 500 ml dan disaring dengan kertas saring. Lalu larutan ini disimpan dalam botol gelap di dalam lemari es.

c. Pembuatan Larutan Asam Askorbat Standar

Sebanyak 10 mg asam askorbat dilarutkan dengan $\text{HPO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$ hingga 10 ml. Lalu larutan ini ditutup dengan aluminium foil.

d. Persiapan Standarisasi

Persiapan standarisasi ini dibagi menjadi 2, yaitu untuk asam askorbat dan blanko. Untuk standarisasi asam askorbat, sebanyak 5 ml $\text{HPO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$ dimasukkan ke dalam erlenmeyer lalu ditambahkan 2 ml larutan standar asam askorbat. Kemudian dititrasi dengan larutan 2,6-diklorofenol indofenol standar hingga terbentuk warna merah muda yang tidak hilang selama lebih dari 5 detik. Selanjutnya untuk standarisasi blanko, sebanyak 7 ml $\text{HPO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$ dimasukkan ke dalam erlenmeyer lalu ditambahkan aquades dengan volume yang sama dengan volume larutan 2,6-diklorofenol indofenol standar yang digunakan pada titrasi untuk standarisasi asam askorbat sebelumnya. Kemudian semua hasil titrasi dicatat. Selanjutnya rata-rata hasil titrasi dari standarisasi asam askorbat dikurangi rata-rata hasil titrasi dari standarisasi blanko dan dinyatakan sebagai mg asam askorbat yang ekuivalen dengan 1 ml larutan

standar 2,6-diklorofenol indofenol. Standarisasi ini dilakukan setiap hari dengan larutan asam askorbat yang baru.

e. Pengukuran Sampel

Pertama-tama brokoli dihomogenkan dengan menggunakan blender, kemudian disaring menggunakan kain saring. Lalu disaring dengan kertas saring. Sebanyak 10 ml hasil saringan itu ditambahkan dengan 10 ml $\text{HPO}_3\text{-CH}_3\text{COOH}$ dan disaring lagi dengan kertas saring. Lalu diambil sebanyak 10 ml untuk dititrasi dengan larutan standar 2,6-diklorofenol indofenol hingga terbentuk warna merah muda yang tidak hilang selama lebih dari 5 detik. Kemudian hasil titrasi dicatat dan dihitung mg asam askorbat/ml sampel, dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\text{mg asam askorbat}}{\text{ml sampel}} = (X - B) \times \left(\frac{F}{E}\right) \times \left(\frac{V}{Y}\right)$$

Dimana $F = \frac{(\text{mg volume asam askorbat dalam larutan standar yang dititrasi})}{\text{ml rata - rata titrasi asam askorbat - ml rata - rata titrasi blanko}}$

Keterangan:

X	= rata-rata titrasi untuk sampel (ml)
B	= rata-rata titrasi untuk blanko (ml)
F	= asam askorbat yang ekuivalen dengan 1 ml larutan standar 2,6-diklorofenol indofenol (mg/ml)
E	= volume sampel (ml)
V	= volume sampel+ HPO_3 (ml)
Y	= volume sampel yang dititrasi (ml)

Kemudian dilakukan pengukuran untuk menentukan massa jenis dari jus brokoli dengan menggunakan piknometer. Pertama-tama piknometer kosong ditimbang lalu diisi dengan air sampai penuh dan ditimbang lagi. Kemudian piknometer dikeringkan dan diisi dengan jus brokoli sampai penuh dan ditimbang. Kemudian dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_p = \frac{(mp + a) - (mp)}{\rho.a}$$

$$\rho_b = \frac{(mp + b) - (mp)}{V_p}$$

Keterangan: V_p = volume piknometer (ml)
 mp = massa piknometer (g)
 $(mp+a)$ = massa piknometer yang diisi air (g)
 $(mp+b)$ = massa piknometer yang diisi bahan (g)
 ρ_a = massa jenis air (g/ml)
 ρ_b = massa jenis bahan/zat cair (g/ml)

2.2.2.3. Analisa Aktivitas Antioksidan

Pertama-tama baik brokoli segar maupun kukus dihomogenkan dengan blender dan diambil sebanyak 0,5 g kemudian dimasukkan ke dalam vial. Lalu ditambahkan 5 ml metanol 98% dan dihomogenkan dengan *shaker* pada suhu ruang dan ditutup dengan kain hitam selama 2 jam (Miliauskas *et al.*, 2004). Selanjutnya, larutan itu disaring dengan kertas saring dan diambil sebanyak 0,1 ml yang kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Lalu ditambahkan 3,9 ml larutan DPPH (2,4 mg DPPH dilarutkan hingga 100 ml dengan metanol 98%) lalu diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang dan ditutup dengan kain hitam (Molyneux, 2004). Setelah itu, sampel diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada λ 515 nm. Sebagai blanko digunakan metanol 98% dan sebagai kontrol digunakan 0,1 ml metanol 98% yang ditambahkan 3,9 ml larutan DPPH (Brand-Williams *et al.*, 1995). Kuvet dicuci setiap penggantian sampel dan dengan metanol 98%. Aktivitas antioksidan dihitung dengan rumus:

$$AA (\%) = \frac{\text{absorbansi kontrol} - \text{absorbansi sampel}}{\text{absorbansi kontrol}} \times 100\%$$

(Zhang & Hamauzu, 2004).

2.2.2.4. Analisa Tekstur

Analisa tekstur pada penelitian ini yaitu untuk menguji kekerasan (*hardness*) pada brokoli dengan menggunakan *Lloyd Texture Analyzer* dengan jenis *probe* “*Warner Bratzler Shear Blade square cut*”. Pengujiannya dilakukan setiap titik waktu pengambilan dengan 3 kali pengulangan. Brokoli tersebut diletakkan pada lempeng

logam yang kemudian akan dipotong di bagian antara bunga dan batang, dengan batas kedalaman 30 mm, kecepatan 60 mm/menit dan *trigger* 30 gf (Miglio *et al.*, 2008).

2.2.2.5. Analisa Kadar Air

Pertama-tama disiapkan cawan kosong lalu dimasukkan ke dalam tanur selama 1 jam dan didinginkan dalam desikator. Kemudian cawan ditimbang beratnya dan dimasukkan brokoli yang telah dipotong sebanyak 5 gram. Selanjutnya, cawan beserta brokoli dikeringkan dalam oven pada suhu 100-102°C selama 21 jam. Setelah itu, cawan beserta brokoli didinginkan dalam desikator dan ditimbang lagi hingga mencapai berat konstan. Kadar air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air wet basis} = \frac{W_3}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan:

W_1 = berat sampel awal (g)

W_2 = berat sampel setelah dikeringkan (g)

W_3 = berat air yang hilang (g) = $W_1 - W_2$

(Sudarmadji *et al.*, 1997).

2.2.2.6. Analisa Warna

Analisa warna pada penelitian ini dilakukan menggunakan *Chromameter* dengan metode pengukuran absolut sistem warna (L^* , a^* , b^*). Pengujiannya dilakukan pada bunga dan batang brokoli setiap titik waktu pengambilan dengan menggunakan 3 sampel brokoli dimana masing-masing dilakukan 3 kali pengujian. Pertama-tama *Chromameter* dikalibrasi menggunakan lempeng warna standar putih. Kemudian *Chromameter* ditembakkan ke bagian bunga dan batang brokoli. Lalu tiga skala pengukuran itu dicatat. Dari skala pengukuran itu, dapat dihitung *Total Colour Change* (ΔE) dengan rumus:

$$\Delta E = \left((L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

(Minolta, 2007).

2.2.3. Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil analisa vitamin C, aktivitas antioksidan, tekstur, kadar air dan perubahan warna total disajikan dalam bentuk tabel dan grafik dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Office Excel 2007*. Seluruh data tiap parameter yang diuji dianalisa dengan menggunakan perangkat lunak *SPSS (Statistical Package for Social Science) for Windows* versi 13. Analisa dilakukan menggunakan uji statistik parametrik karena berdasarkan uji normalitas, semua data penelitian normal. Lalu dilakukan uji *One Way Anova* yang dilanjutkan uji *Post Hoc* dengan *Equal Variances Assumed Duncan* untuk mengetahui perbedaan hasil penelitian tiap suhu dan waktu penyimpanan.

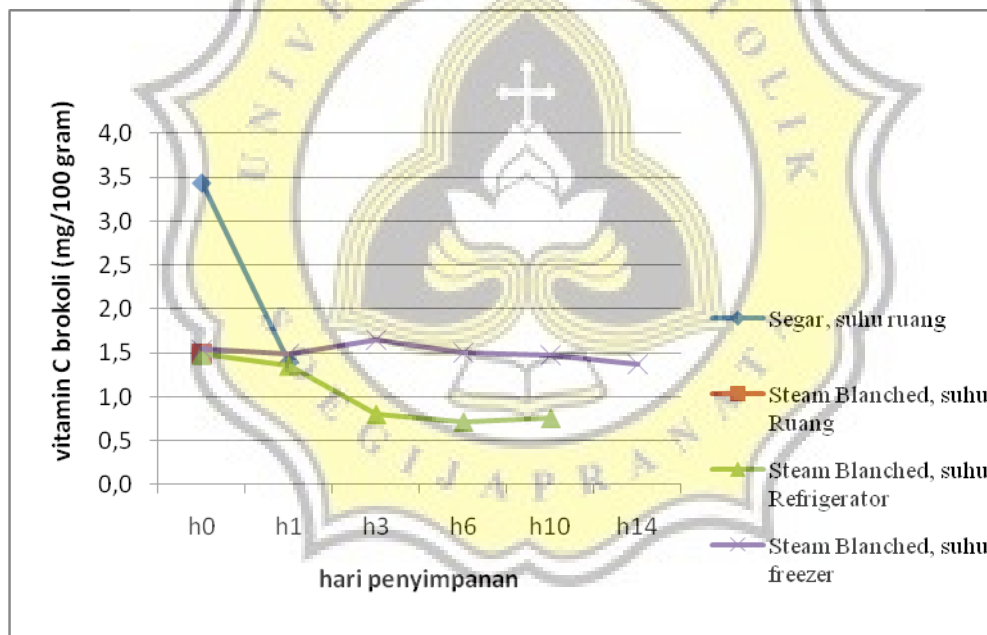


3. HASIL PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kandungan vitamin C, aktivitas antioksidan, kadar air, tekstur, warna serta suhu selama penyimpanan brokoli segar dan brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu ruang, suhu *refrigerator*, dan suhu *freezer* pada hari ke-0, 1, 3, 6, 10, dan 14.

3.1. Kandungan Vitamin C Brokoli

Hasil pengujian kandungan vitamin C brokoli segar dan brokoli *steam blanched* selama penyimpanan di suhu ruang, suhu *refrigerator* dan suhu *freezer* pada hari penyimpanan ke-0, 1, 3, 6, 10 dan 14 dapat dilihat pada gambar 7 dan tabel 2 berikut ini.



Gambar 7. Kandungan Vitamin C Brokoli selama Penyimpanan

Steam blanching menyebabkan penurunan kandungan vitamin C yang signifikan pada brokoli. Kandungan vitamin C brokoli cenderung menurun selama penyimpanan, baik penyimpanan pada suhu ruang maupun suhu *refrigerator*. Namun kandungan vitamin C brokoli yang disimpan pada suhu *freezer* cenderung stabil. Brokoli segar pada hari pertama mengandung vitamin C paling tinggi, yaitu

sebesar $3,44 \pm 0,18$ mg/ 100 gram bahan. Sedangkan brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu ruang mengandung vitamin C dalam jumlah paling sedikit yaitu sebesar $0,76 \pm 0,10$ mg/100 gram.

Tabel 2. Kandungan Vitamin C (mg asam askorbat/100 gram sampel) Brokoli Segar dan *Steam blanched* Selama Penyimpanan.

Hari Penyimpanan	Segar	<i>Steam blanched</i>		
	Suhu Ruang	Suhu Ruang	Suhu <i>Refrigerator</i>	Suhu <i>Freezer</i>
0	$3,44 \pm 0,18^a$	$1,49 \pm 0,16^{cde}$	$1,48 \pm 0,19^{cde}$	$1,54 \pm 0,11^{cd}$
1	$1,39 \pm 0,26^b$	-	$1,36 \pm 0,21^e$	$1,49 \pm 0,10^{cde}$
3	-	-	$0,80 \pm 0,12^f$	$1,65 \pm 0,09^c$
6	-	-	$0,71 \pm 0,11^f$	$1,50 \pm 0,17^{cde}$
10	-	-	$0,76 \pm 0,10^f$	$1,48 \pm 0,10^{de}$
14	-	-	-	$1,37 \pm 0,10^{de}$

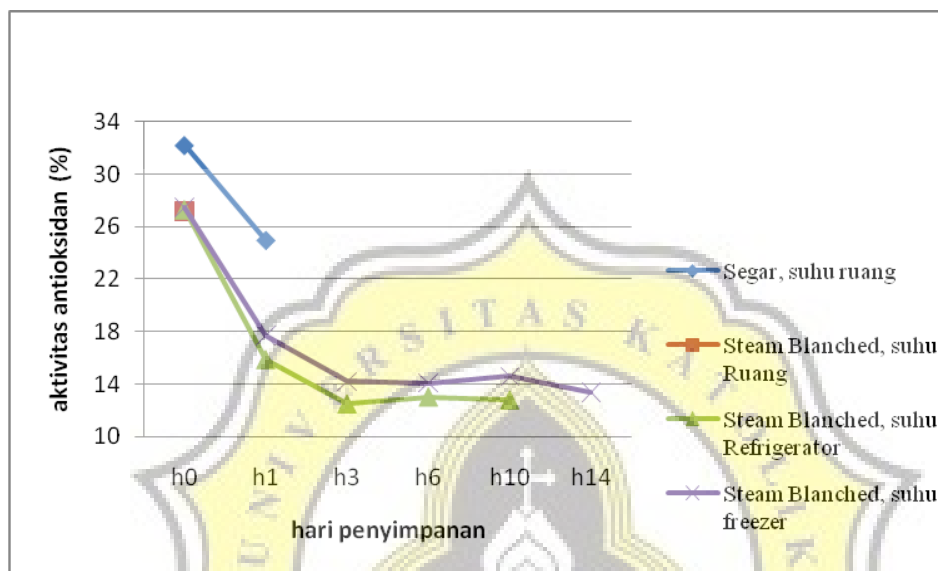
Keterangan:

1. Nilai yang tercantum merupakan *mean* \pm standar deviasi
2. Nilai *superscript* yang berbeda pada masing-masing baris menunjukkan adanya perbedaan nyata antar suhu dan hari penyimpanan ($p < 0,05$)
3. Tidak adanya nilai vitamin C (simbol “-“) menunjukkan bahwa brokoli rusak sehingga tidak dapat dilakukan pengujian vitamin C

Brokoli segar yang disimpan pada suhu ruang mengalami penurunan vitamin C secara signifikan, yaitu sebesar 59,59 %. Sedangkan brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu ruang, pada hari kedua mengalami kerusakan sehingga tidak dapat dilakukan pengujian kandungan vitamin C. Penurunan kandungan vitamin C juga terjadi pada brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *refrigerator*. Brokoli mengalami penurunan vitamin C sebesar 8,11 % pada kedua dan pada hari keempat mengalami penurunan sebesar 45,95 % dan semakin meningkat sampai pada hari kesebelas. Sedangkan brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *freezer* tidak mengalami penurunan kandungan vitamin C secara signifikan. Besar penurunan vitamin C paling tinggi adalah pada hari kelima belas penyimpanan, yaitu sebesar 11,04 %.

3.2. Aktivitas Antioksidan Brokoli

Hasil pengujian aktivitas antioksidan brokoli segar dan brokoli *steam blanching* selama penyimpanan di suhu ruang, suhu *refrigerator* dan suhu *freezer* pada hari penyimpanan ke-0, 1, 3, 6, 10, dan 14 dapat dilihat pada gambar 8 dan tabel 3 berikut ini.



Gambar 8. Aktivitas Antioksidan Brokoli Selama Penyimpanan

Proses *steam blanching* menyebabkan adanya penurunan yang signifikan pada nilai aktivitas antioksidan brokoli. Brokoli segar yang disimpan pada suhu ruang mengalami penurunan nilai antioksidan. Sedangkan nilai aktivitas antioksidan brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *refrigerator* mengalami penurunan yang signifikan pada hari kedua, namun pada hari keempat sampai kesebelas nilai aktivitas antioksidan brokoli cenderung stabil. Begitu pula dengan brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *freezer*, nilai aktivitas antioksidan brokoli mengalami penurunan pada hari kedua, namun nilainya tetap lebih tinggi daripada brokoli yang disimpan pada suhu *refrigerator*. Kemudian nilai aktivitas antioksidan brokoli yang disimpan pada *freezer* pada hari keempat sampai kelima belas cenderung stabil dan lebih tinggi dari nilai aktivitas antioksidan brokoli yang disimpan pada suhu *refrigerator*. Aktivitas antioksidan paling tinggi terdapat pada sampel brokoli segar hari pertama, dengan nilai sebesar $32,21 \pm 2,43$ %. Sedangkan

brokoli *steam blanching* yang disimpan sampai pada hari keempat memiliki nilai aktivitas antioksidan paling rendah yaitu sebesar $12,47 \pm 1,46$ %.

Tabel 3. Aktivitas Antioksidan (%) Brokoli Segar dan *Steam blanched* selama Penyimpanan.

Hari Penyimpanan	Segar	<i>Steam blanched</i>		
	Suhu Ruang	Suhu Ruang	Suhu <i>Refrigerator</i>	Suhu <i>Freezer</i>
0	$32,21 \pm 2,43^a$	$27,18 \pm 2,79^b$	$27,33 \pm 2,60^b$	$27,44 \pm 2,31^b$
1	$24,95 \pm 4,63^b$	-	$15,86 \pm 3,92^{cd}$	$17,66 \pm 0,72^c$
3	-	-	$12,47 \pm 1,46^f$	$14,18 \pm 2,58^{de}$
6	-	-	$13,01 \pm 0,99^f$	$14,08 \pm 1,32^{de}$
10	-	-	$12,77 \pm 0,75^f$	$14,57 \pm 1,42^{de}$
14	-	-	-	$13,37 \pm 0,75^{de}$

Keterangan:

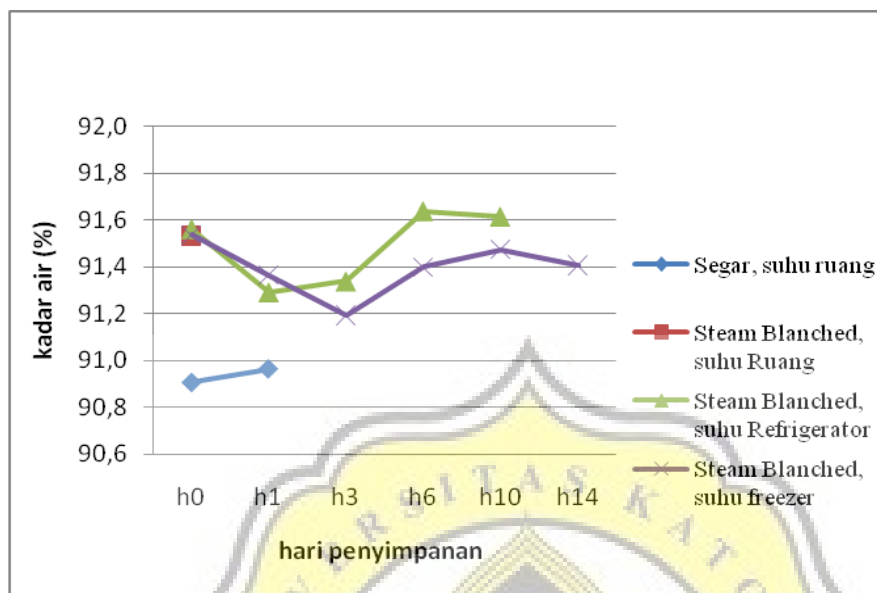
1. Nilai yang tercantum merupakan *mean* \pm standar deviasi
2. Nilai *Superscript* yang berbeda pada masing-masing baris menunjukkan adanya perbedaan nyata antar suhu dan hari penyimpanan ($p < 0,05$)
3. Tidak adanya nilai aktivitas antioksidan (simbol “-”) menunjukkan brokoli rusak sehingga tidak dapat dilakukan pengujian aktivitas antioksidan

Brokoli segar yang disimpan pada suhu ruang mengalami penurunan nilai antioksidan yang signifikan pada hari kedua penyimpanan, yaitu sebesar 22,54 %. Sedangkan brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu ruang, pada hari kedua penyimpanan mengalami kerusakan, sehingga tidak dapat dilakukan pengujian nilai aktivitas antioksidan. Kemudian brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *refrigerator*, pada hari kedua mengalami penurunan nilai aktivitas antioksidan yang signifikan yaitu sebesar 41,97 % dan pada hari keempat sampai hari kelima belas terjadi penurunan sebesar ± 54 %. Sedangkan brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *freezer* mengalami penurunan nilai aktivitas antioksidan yang signifikan pada hari kedua, yaitu sebesar 35,64 %. Pada hari keempat dan selanjutnya, aktivitas antioksidan menurun sebesar $\pm 48,5$ % dari nilai aktivitas antioksidan hari pertama penyimpanan.

3.3. Kadar Air (%) Brokoli

Hasil pengujian kadar air brokoli segar dan brokoli *steam blanched* selama penyimpanan di suhu ruang, suhu *refrigerator*, dan suhu *freezer* pada hari

penyimpanan ke-0, 1, 3, 6, 10, dan 14 dapat dilihat pada gambar 9 dan tabel 4 berikut ini.



Gambar 9. Kadar Air Brokoli Selama Penyimpanan

Steam blanching menyebabkan kenaikan nilai kadar air yang signifikan pada brokoli. Nilai kadar air brokoli selama penyimpanan tidak stabil pada semua suhu penyimpanan. Kadar air brokoli segar yang disimpan pada suhu ruang mengalami kenaikan. Sedangkan kadar air brokoli yang disimpan di suhu *refrigerator* cenderung mengalami kenaikan, walaupun pada hari kedua nilai kadar air brokoli mengalami penurunan. Kadar air brokoli yang disimpan pada suhu *freezer* cenderung stabil, meskipun pada hari keempat terjadi penurunan nilai kadar air yang cukup signifikan. Sampel brokoli *steam blanching* yang disimpan sampai pada hari ketujuh memiliki nilai kadar air paling tinggi, yaitu sebesar $91,64 \pm 0,11$ %, sedangkan nilai terendah dimiliki oleh brokoli segar pada hari pertama pengujian, yaitu sebesar $90,91 \pm 0,24$ %.

Tabel 4. Kadar Air (%) Brokoli Segar dan *Steam blanched* Selama Penyimpanan.

Hari Penyimpanan	Segar	<i>Steam blanched</i>		
	Suhu Ruang	Suhu Ruang	Suhu Refrigerator	Suhu Freezer
0	90,91 ± 0,24 ^d	91,53 ± 0,46 ^{ab}	91,56 ± 0,57 ^{ab}	91,54 ± 0,43 ^{ab}
1	90,96 ± 0,54 ^{cd}	-	91,29 ± 0,21 ^{abc}	91,36 ± 0,36 ^{ab}
3	-	-	91,34 ± 0,12 ^{abc}	91,19 ± 0,13 ^{bcd}
6	-	-	91,64 ± 0,11 ^a	91,40 ± 0,47 ^{ab}
10	-	-	91,61 ± 0,04 ^a	91,47 ± 0,29 ^{ab}
14	-	-	-	91,41 ± 0,33 ^{ab}

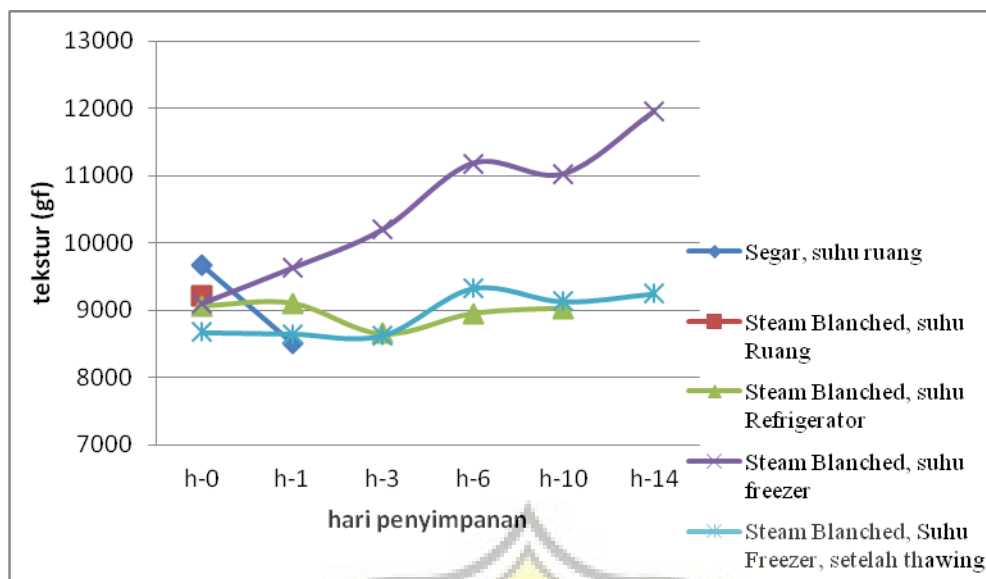
Keterangan:

1. Nilai yang tercantum merupakan *mean* ± standar deviasi
2. Nilai *superscript* yang berbeda pada masing-masing baris menunjukkan adanya perbedaan nyata antar suhu dan hari penyimpanan ($p < 0,05$)
3. Tidak adanya nilai kadar air (simbol “-”) menunjukkan brokoli rusak sehingga tidak dapat dilakukan pengujian kadar air

Brokoli segar yang disimpan pada suhu ruang mengalami peningkatan nilai kadar air sebesar 0,05 % pada hari kedua, dan pada hari penyimpanan selanjutnya sampel mengalami kerusakan sehingga tidak dapat dilakukan pengujian nilai kadar air. Demikian pula dengan brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu ruang mengalami kerusakan pada hari kedua, sehingga tidak dilakukan pengujian nilai kadar air. Sedangkan brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *refrigerator* pada hari kedua dan keempat mengalami penurunan nilai kadar air sebesar ± 0,24 %. Namun pada hari ketujuh dan seterusnya mengalami peningkatan sebesar ± 0,09 % dari nilai kadar air hari pertama penyimpanan. Brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *freezer* nilai kadar air cenderung stabil dan tidak mengalami perubahan secara nyata selama penyimpanan, kecuali pada hari keempat brokoli mengalami penurunan secara nyata sebesar 0,38 %.

3.4. Tekstur (*Hardness*)

Hasil pengujian tekstur (*hardness*) brokoli segar dan brokoli *steam blanched* selama penyimpanan di suhu ruang, suhu *refrigerator*, dan suhu *freezer* serta brokoli *steam blanched* setelah *thawing* yang disimpan pada suhu *freezer* pada hari penyimpanan ke-0, 1, 3, 6, 10, dan 14 dapat dilihat pada gambar 10 dan tabel 5 berikut ini.



Gambar 10. Tekstur (*Hardness*) Batang Brokoli selama Penyimpanan

Adanya proses *steam blanching* menyebabkan penurunan tingkat kekerasan pada brokoli, namun tidak signifikan. Sedangkan untuk brokoli segar yang disimpan pada suhu ruang mengalami penurunan tingkat kekerasan yang signifikan pada hari kedua. Tingkat kekerasan brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *refrigerator* cenderung stabil. Sedangkan tingkat kekerasan brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *freezer* dan pengukuran kekerasan dilakukan sebelum *thawing* menunjukkan peningkatan yang signifikan dari hari kedua sampai kelima belas. Sedangkan tingkat kekerasan brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *freezer* dan sudah di-*thawing* cenderung stabil dari hari pertama sampai kelima belas. Tingkat kekerasan paling tinggi terdapat pada sampel brokoli yang disimpan pada suhu *freezer* sampai pada hari kelima belas, yaitu sebesar $11947,0 \pm 1641,1$ gf. Sedangkan nilai tingkat kekerasan paling rendah terdapat pada sampel brokoli segar yang disimpan pada suhu ruang sampai pada hari kedua, yaitu sebesar $8511,3 \pm 866,7$ gf.

Tabel 5. Tekstur (*Hardness*) (gf) Batang Brokoli Segar dan *Steam blanched* Selama Penyimpanan.

Hari Penyimpanan	Segar Suhu Ruang	<i>Steam blanched</i>			
		Suhu Ruang	Suhu Refrigerator	Suhu Freezer	
				Sebelum Thawing	Setelah Thawing
0	9660,4 ± 628,6 ^{cd}	9205,2 ± 847,7 ^{cde}	9062,4 ± 1020,4 ^{de}	9105,3 ± 1203,6 ^{de}	8670,9 ± 1108,6 ^{de}
1	8511,3 ± 866,7 ^e	-	9101,7 ± 965,4 ^{de}	9632,0 ± 2014,3 ^{cd}	8650,2 ± 976,5 ^{de}
3	-	-	8651,2 ± 1329,7 ^{de}	10203,9 ± 1489,5 ^{bc}	8626,3 ± 1204,3 ^{de}
6	-	-	8952,0 ± 920,1 ^{de}	11182,1 ± 1538,3 ^a	9321,5 ± 908,27 ^{cde}
10	-	-	9029,8 ± 242,7 ^{de}	11026,2 ± 1179,3 ^{ab}	9127,2 ± 852,3 ^{de}
14	-	-	-	11947,0 ± 1641,1 ^a	9244,9 ± 672,3 ^{cde}

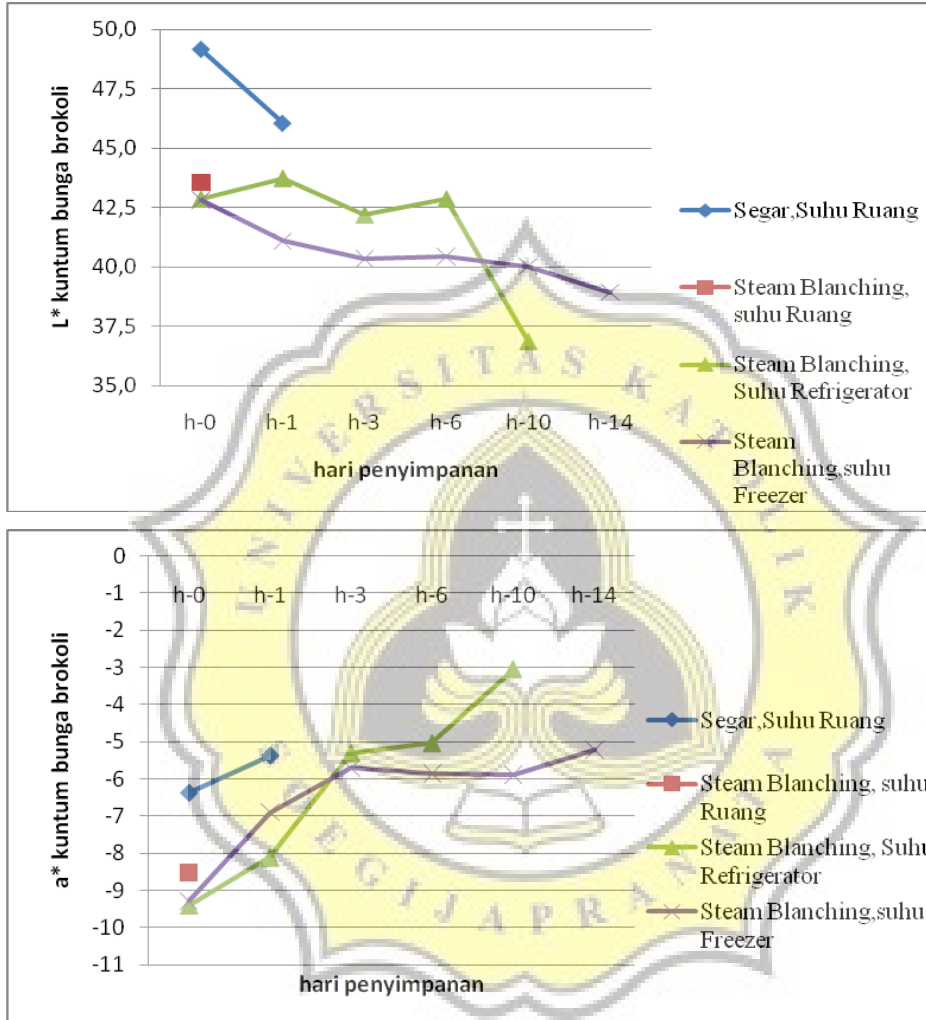
Keterangan:

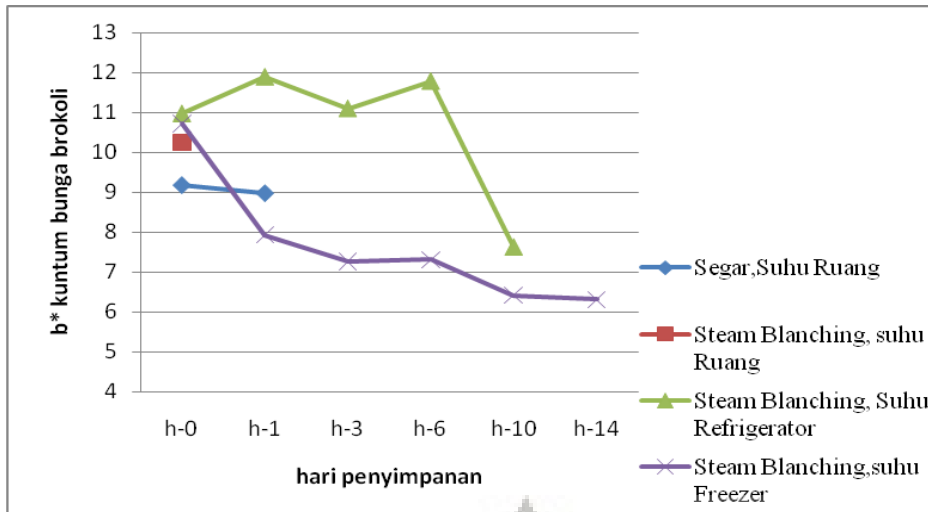
1. Nilai yang tercantum merupakan *mean* ± standar deviasi
2. Nilai *Superscript* yang berbeda pada masing-masing baris menunjukkan adanya perbedaan nyata antar suhu dan hari penyimpanan ($p < 0,05$)
3. Tidak adanya nilai tekstur (*hardness*) simbol “-” menunjukkan brokoli rusak sehingga tidak dilakukan pengujian tekstur

Brokoli segar yang disimpan pada suhu ruang mengalami penurunan nilai kekerasan sebesar 11,89 % pada hari kedua penyimpanan dan pada hari keempat dan seterusnya brokoli mengalami kerusakan sehingga tidak dilakukan pengujian tekstur kekerasan brokoli. Demikian pula dengan brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu ruang, pada hari kedua brokoli sudah mengalami kerusakan sehingga tidak dilakukan pengujian terhadap tekstur atau kekerasan brokoli. Brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *refrigerator* pada hari kedua sampai pada hari kesebelas tidak mengalami perubahan nilai kekerasan secara nyata. Kemudian, brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *freezer*, nilai kekerasan brokoli sebelum proses *thawing* semakin meningkat. Pada hari kelima belas, nilai kekerasan brokoli meningkat sebesar 31,22 %. Sedangkan nilai kekerasan brokoli setelah *thawing* cenderung stabil.

3.5. Warna (L^* , a^* , b^* dan ΔE)

Hasil pengujian warna pada kuntum bunga brokoli segar dan *steam blanched* selama penyimpanan di suhu ruang, suhu *refrigerator* dan suhu *freezer* pada hari penyimpanan ke-0, 1, 3, 6, 10, dan 14 dapat dilihat pada gambar 11 dan 12 serta pada tabel 6 dan 7 berikut ini.





Gambar 11. Warna (L^* , a^* , dan b^*) Kuntum Bunga Brokoli Selama Penyimpanan

Brokoli segar memiliki nilai L^* yang lebih tinggi daripada brokoli *steam blanched*. Secara umum, semua sampel brokoli pada tiga kondisi suhu penyimpanan mengalami penurunan nilai L^* . Penurunan nilai L^* paling signifikan terjadi pada brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *refrigerator* sampai pada hari kesebelas penyimpanan. Demikian pula, brokoli segar memiliki nilai a^* yang lebih tinggi dari brokoli *steam blanched*. Semua sampel brokoli cenderung mengalami peningkatan nilai a^* selama penyimpanan. Peningkatan nilai a^* paling signifikan terjadi pada brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *refrigerator* pada hari keempat. Sedangkan nilai b^* pada brokoli segar lebih rendah daripada nilai b^* brokoli *steam blanched*. Pola perubahan nilai b^* pada semua sampel adalah cenderung menurun.

Tabel 6. L*, a*, dan b* Kuntum Bunga Brokoli Segar dan *Steam blanched* Selama Penyimpanan

	Hari Penyimpanan	L*	a*	b*
Segar	Suhu ruang			
	0	49,2 ± 1,66 ^a	-6,37 ± 1,34 ^{bc}	9,18 ± 2,23 ^{cd}
	1	46,1 ± 1,70 ^b	-5,36 ± 0,96 ^b	8,98 ± 2,34 ^{cde}
	3	-	-	-
	6	-	-	-
	10	-	-	-
	14	-	-	-
<i>Steam blanched</i>	Suhu ruang			
	0	43,5 ± 1,20 ^c	-8,52 ± 1,39 ^e	10,25 ± 1,52 ^{bc}
	1	-	-	-
	3	-	-	-
	6	-	-	-
	10	-	-	-
	14	-	-	-
	Suhu refrigerator			
	0	42,9 ± 1,64 ^{cd}	-9,39 ± 1,25 ^e	10,97 ± 1,22 ^{ab}
	1	43,7 ± 1,37 ^c	-8,10 ± 1,38 ^{de}	11,89 ± 2,03 ^a
	3	42,2 ± 2,22 ^{cde}	-5,30 ± 1,91 ^b	11,10 ± 1,64 ^{ab}
	6	42,9 ± 2,76 ^{cd}	-5,03 ± 1,57 ^b	11,78 ± 1,53 ^a
	10	36,8 ± 1,25 ^h	-3,04 ± 0,95 ^a	7,64 ± 0,91 ^{efg}
	14	-	-	-
	Suhu freezer			
	0	42,8 ± 1,15 ^{cd}	-9,28 ± 1,62 ^e	10,73 ± 1,50 ^{ab}
	1	41,1 ± 2,71 ^{def}	-6,90 ± 1,96 ^{cd}	7,93 ± 1,78 ^{def}
3	40,3 ± 3,53 ^{efg}	-5,71 ± 2,29 ^{bc}	7,26 ± 2,77 ^{fg}	
6	40,4 ± 3,79 ^{efg}	-5,86 ± 1,40 ^{bc}	7,31 ± 1,45 ^{fg}	
10	40,0 ± 3,02 ^{fg}	-5,89 ± 2,70 ^{bc}	6,42 ± 1,07 ^g	
14	38,9 ± 2,42 ^g	-5,21 ± 1,04 ^b	6,31 ± 1,51 ^g	

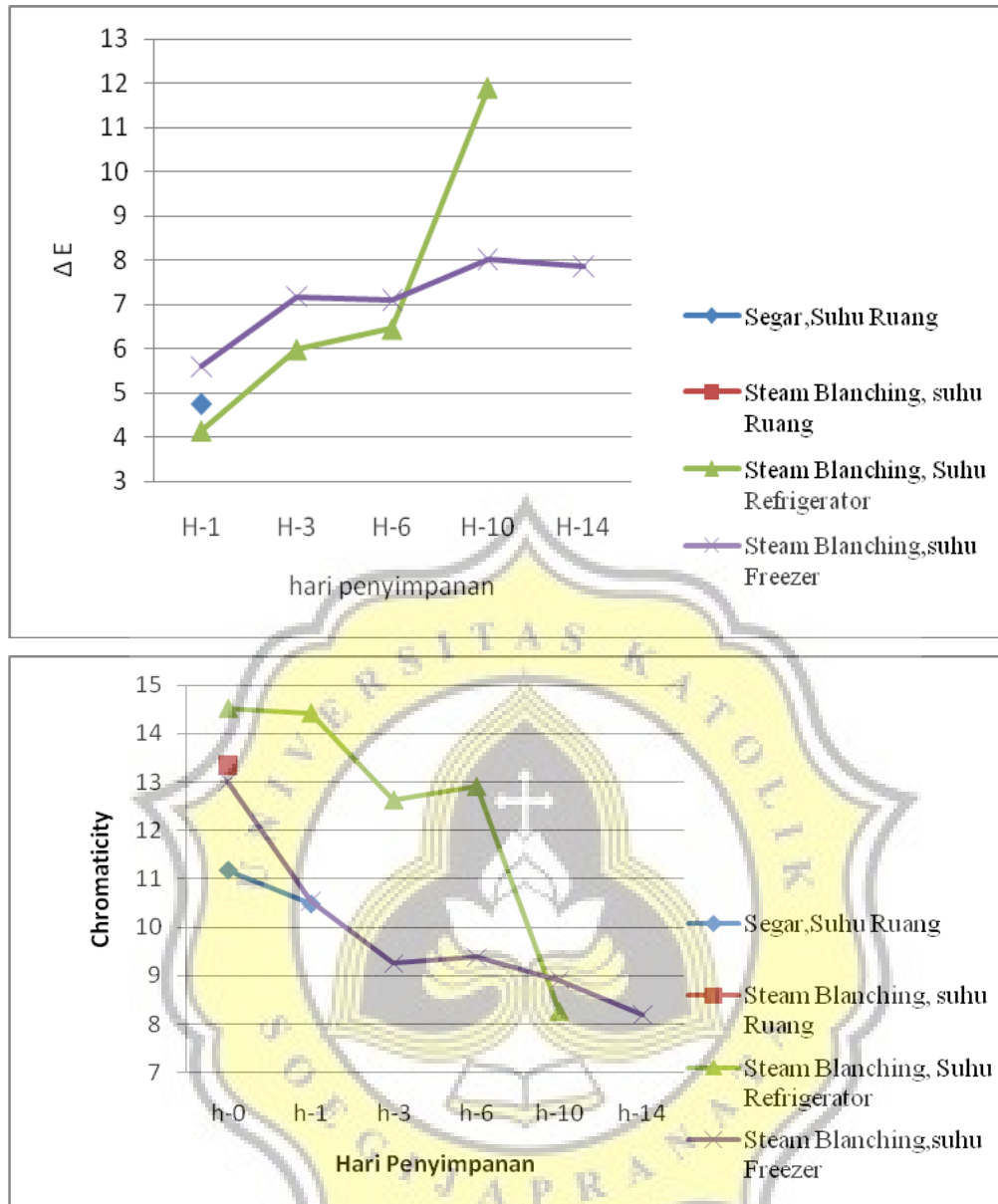
Keterangan:

1. Nilai yang tercantum merupakan *mean* ± standar deviasi
2. Nilai *Superscript* yang berbeda pada masing-masing baris menunjukkan adanya perbedaan nyata antar suhu dan hari penyimpanan ($p < 0,05$)
3. Tidak adanya nilai L*, a*, dan b* (simbol "--") menunjukkan brokoli rusak sehingga tidak dilakukan pengujian warna

Pola perubahan nilai *lightness* (L*), a*, dan b* selama penyimpanan tidak sama untuk semua sampel. Nilai L* brokoli segar yang disimpan pada suhu ruang pada hari kedua menurun secara signifikan. Sedangkan nilai brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *refrigerator* mengalami penurunan yang signifikan pada hari kesebelas. Dan nilai L* brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *freezer* secara umum menurun pada setiap harinya. Nilai L* paling tinggi terdapat

pada brokoli segar pada hari pertama yaitu sebesar $49,2 \pm 1,66$, sedangkan nilai terendah terdapat pada brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *refrigerator* pada hari kesebelas yaitu sebesar $36,8 \pm 1,25$. Kemudian nilai a^* paling tinggi terdapat pada brokoli *steam blanched* pada hari pertama pengujian yaitu $-3,04 \pm 0,95$, sedangkan nilai a^* paling rendah terdapat pada brokoli *steam blanched* yang disimpan dalam suhu *refrigerator* sampai pada hari kesebelas, yaitu sebesar $-9,38 \pm 1,25$. Nilai b^* paling tinggi terdapat pada sampel brokoli *steam blanched* yang disimpan sampai pada hari kedua yaitu sebesar $11,89 \pm 2,03$. Sedangkan nilai b^* paling rendah terdapat pada sampel brokoli *steam blanched* yang disimpan dalam suhu *freezer* sampai pada hari kelima belas, yaitu sebesar $6,31 \pm 1,51$.





Gambar 12. Perubahan Warna (ΔE) dan *Chromaticity* Kuntum Bunga Brokoli Selama Penyimpanan

Pada gambar 12 di atas, dapat dilihat besarnya perubahan warna (ΔE) dan *chromaticity* brokoli selama penyimpanan. Nilai perubahan warna dari sampel brokoli *steam blanched* yang disimpan, baik pada suhu *refrigerator* maupun *freezer* mengalami peningkatan selama penyimpanan. Besar perubahan warna paling tinggi terjadi pada brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *refrigerator* pada hari kesebelas. Sedangkan perubahan paling kecil terjadi pada brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *freezer* pada hari kedua. Sedangkan brokoli segar memiliki nilai *chromaticity* paling tinggi pada hari pertama pengujian. Kemudian selama penyimpanan, semua

sampel brokoli mengalami penurunan nilai *chromaticity*. Penurunan nilai *chromaticity* paling tinggi terjadi pada brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *refrigerator* sampai pada hari kesebelas.

Tabel 7. Perubahan Warna (ΔE) dan *Chromaticity* Kuntum Bunga Brokoli Selama Penyimpanan

Perlakuan <i>Blanching</i>	Suhu Penyimpanan	Hari Penyimpanan	ΔE	<i>Chromaticity</i>	
Segar	Ruang	0	-	11,18 \pm 2,61 ^{bc}	
		1	4,75 \pm 1,71 ^{de}	10,49 \pm 1,56 ^{cd}	
		3	-	-	
		6	-	-	
		10	-	-	
		14	-	-	
<i>Steam blanching</i>	Ruang	0	-	13,34 \pm 1,98 ^a	
		1	-	-	
		3	-	-	
		6	-	-	
		10	-	-	
		14	-	-	
	Refrigerator	0	-	14,52 \pm 1,50 ^a	
		1	4,15 \pm 1,39 ^c	14,42 \pm 2,25 ^a	
		3	5,99 \pm 1,68 ^{cde}	12,63 \pm 2,12 ^{ab}	
		6	6,45 \pm 1,77 ^{bcd}	12,91 \pm 1,56 ^{ab}	
		10	11,90 \pm 0,83 ^a	8,97 \pm 0,94 ^e	
		14	-	-	
		Freezer	0	-	13,01 \pm 2,60 ^{ab}
			1	5,59 \pm 1,98 ^{cde}	10,53 \pm 2,58 ^{cd}
3	7,17 \pm 3,22 ^{bc}		9,25 \pm 3,57 ^{cde}		
6	7,11 \pm 2,03 ^{bc}		9,38 \pm 1,98 ^{cde}		
10	8,01 \pm 2,50 ^b		8,92 \pm 2,67 ^{de}		
14	7,85 \pm 3,80 ^b		8,20 \pm 1,79 ^e		

Keterangan:

1. Nilai yang tercantum merupakan *mean* \pm standar deviasi
2. Nilai *superscript* yang berbeda pada masing-masing baris menunjukkan adanya perbedaan nyata antar suhu dan hari penyimpanan ($p < 0,05$)
3. Tidak adanya nilai ΔE dan *chromaticity* (simbol “-“) menunjukkan brokoli rusak sehingga nilai ΔE dan *chromaticity* tidak dapat dihitung

Perubahan warna paling tinggi terjadi pada hari kesebelas (h10) untuk brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *refrigerator*, yaitu sebesar 11,90 \pm 0,83. Sedangkan perubahan warna yang paling kecil terjadi pada hari kedua untuk brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *refrigerator* dengan nilai sebesar 4,15 \pm 1,39.

Kemudian, nilai *chromaticity* paling tinggi terdapat pada sampel brokoli *steam blanching* yang akan disimpan dalam suhu *refrigerator* pada hari pertama, yaitu sebesar $14,52 \pm 1,50$. Sedangkan nilai *chromaticity* paling rendah terdapat pada sampel brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *freezer* sampai dengan hari kelima belas, yaitu sebesar $8,20 \pm 1,79$.

3.6. Suhu Penyimpanan

Hasil pengujian suhu penyimpanan brokoli segar dan *steam blanched* selama penyimpanan di suhu ruang, suhu *refrigerator*, dan suhu *freezer* pada hari penyimpanan ke-0, 1, 3, 6, 10, dan 14 dapat dilihat pada tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Suhu (°C) Penyimpanan Brokoli

Hari Penyimpanan	Suhu Ruang	Suhu <i>Refrigerator</i>	Suhu <i>Freezer</i>
0	$27,66 \pm 0,36$ (26,9 – 28,5)	$7,83 \pm 0,33$ (7,5 – 8,5)	$-17,53 \pm 0,62$ (-18,6-(-16,7))
1	$27,89 \pm 0,55$ (27,2 – 29,2)	$8,12 \pm 0,16$ (7,8 – 8,3)	$-17,48 \pm 0,91$ (-18,9-(-16,4))
3	-	$7,98 \pm 0,18$ (7,7 – 8,2)	$17,73 \pm 1,06$ (-19,5-(-16,7))
6	-	$8,21 \pm 0,21$ (7,8-8,5)	$17,73 \pm 1,06$ (-19,5-(-16,7))
10	-	$4,86 \pm 0,14$ (4,7-5,1)	$-17,43 \pm 0,89$ (-18,9-(-16,5))
14	-	-	$-17,63 \pm 0,91$ (-19,2-(-16,6))

Keterangan:

1. Nilai yang tercantum merupakan *mean* \pm standar deviasi serta nilai maksimum-minimum.

4. PEMBAHASAN

Brokoli yang digunakan dalam penelitian ini adalah brokoli segar yang dibeli dari pedagang sayur di Pasar Kanjengan, Semarang pada malam hari sebelum penelitian dilakukan. Brokoli segar yang dibeli memiliki ciri berbentuk bulat, terdiri dari cabang-cabang kecil dan berdaging seolah-olah seperti kumpulan lengan. Pada setiap cabang terdapat sekelompok kuntum hijau disebut kepala bunga utama (Novary, 1997). Proses pembekuan brokoli didahului dengan proses *blanching*, dalam penelitian ini jenis proses *blanching* yang dilakukan adalah *steam blanching*. Pemilihan metode *steam blanching* didasarkan pada hasil uji sensori, di mana para responden lebih menyukai warna, tekstur serta *overall* brokoli yang di-*steam blanching*. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Roy *et al.*,(2009) dan Patras *et al.*,(2011) yang menyebutkan bahwa *steam blanching* memiliki keunggulan untuk mendapatkan warna sayur yang lebih bersih dan tekstur yang lebih baik. Setelah proses *blanching*, brokoli kemudian didinginkan secara cepat dengan merendam brokoli dalam air es, ditiriskan, dikemas dalam plastik *polyethylene*, lalu disimpan dalam suhu ruang, suhu *refrigerator*, dan suhu *freezer*.

4.1. Kandungan Vitamin C

Kandungan vitamin C brokoli segar pada penelitian ini adalah $3,44 \pm 0,18$ mg/100 gram sampel. Menurut Swiglo *et al.*, (2006), kandungan vitamin C pada brokoli segar adalah sebesar 84,5 mg/ 100 gram berat basah sampel dan menurut Tosun *et al.*, (2007), brokoli segar mengandung $97,6 \pm 1,79$ mg/ 100 gram vitamin C. Perbedaan kandungan vitamin C pada beberapa penelitian tersebut dapat dikarenakan adanya perbedaan varietas dari bahan yang digunakan (Zhang & Hamauzu, 2004). Sedangkan menurut Singh *et al.*, (2007), perbedaan hasil pengujian terhadap senyawa fitokimia juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya perbedaan genetik dan lingkungan dari brokoli, serta adanya perbedaan cara pengukuran senyawa itu sendiri.

Proses *steam blanching* menyebabkan penurunan vitamin C pada brokoli. Pada hari pertama pengujian brokoli *steam blanched*, kandungan vitamin C brokoli yang akan disimpan pada suhu ruang, suhu *refrigerator* dan suhu *freezer* menurun dari kandungan brokoli segar (lihat pada tabel 2, halaman 25). Menurut Tosun *et al.*,(2007), *blanching*

merupakan salah satu unit pengolahan yang menggunakan panas dan air. Maka kandungan vitamin C brokoli menurun setelah di-*steam blanching* disebabkan karena terjadi kontak antara brokoli dengan air dan panas yang menyebabkan kerusakan jaringan pada brokoli. Gambar pada lampiran 5 menunjukkan bahwa struktur jaringan sel brokoli *steam blanched* mengalami pengerutan dan ukuran selnya lebih kecil dibandingkan dengan ukuran sel brokoli segar. Dalam penelitian Tosun *et al.*, (2007) ditemukan bahwa terjadi penurunan kandungan vitamin C hingga 32 % setelah proses *blanching*.

Dalam penelitian Patras *et al.*, (2011), proses *blanching* menyebabkan penurunan kandungan asam askorbat pada brokoli. Penurunan tingkat kandungan vitamin C ini menurut Patras *et al.*, (2011) disebabkan karena asam askorbat adalah senyawa nutrisi yang paling tidak stabil selama proses pengolahan dan senyawa askorbat sangat sensitif terhadap oksidasi dan mengalami *leaching* pada media larut air selama pengolahan, penyimpanan serta pemasakan bahan segar untuk dijadikan produk buah dan sayur beku maupun kaleng. Podsedek *et al.*, (2008) menegaskan pula bahwa kehilangan vitamin C selama pemasakan disebabkan karena adanya degradasi akibat panas dan *leaching* vitamin C dalam air yang digunakan dalam memasak.

Pada hari kedua, setelah masing-masing sampel disimpan pada tiga jenis suhu penyimpanan, yaitu suhu ruang, suhu *refrigerator* dan suhu *freezer*, secara umum kandungan vitamin C pada seluruh sampel menurun sejak hari pertama pengujian. Kandungan vitamin C sampel brokoli segar yang disimpan pada suhu ruang pada hari kedua turun dari kandungan brokoli segar awal, sedangkan untuk brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu ruang tidak dapat dilakukan pengujian karena sampel telah busuk (lihat gambar pada lampiran 5, halaman 86). Kandungan vitamin C sampel brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *refrigerator* dan suhu *freezer* pada hari kedua penyimpanan tidak berbeda dengan kandungan vitamin C di hari pertama (lihat tabel 2, halaman 25). Kemudian kandungan vitamin C brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *refrigerator* mengalami penurunan pada hari keempat pengujian. Namun pada hari ketujuh sampai hari kesebelas, kandungan vitamin C brokoli yang disimpan pada suhu *refrigerator* tidak berbeda. Pada hari kelima belas,

tidak dapat dilakukan pengujian terhadap sampel brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *refrigerator* karena sampel telah busuk. Kandungan vitamin C pada brokoli yang disimpan pada suhu *freezer* tidak berbeda di hari kedua sampai hari kelima belas pengujian.

Sampel brokoli segar yang disimpan pada suhu ruang mengalami penurunan pada hari kedua pengujian. Safaryani *et al.*, (2007) dalam penelitiannya menemukan bahwa brokoli segar yang disimpan pada suhu ruang (30°C), setelah disimpan selama 3 hari mengalami penurunan vitamin C sampai 0,012 % dan pada hari ketujuh turun sampai 0,011 % dari kandungan awal brokoli. Persen penurunan vitamin C yang lebih rendah dibandingkan dengan vitamin C brokoli segar yang disimpan pada suhu 10°C diduga karena pada suhu 30°C respirasi berlangsung cepat, sehingga terjadi kenaikan jumlah asam-asam organik yang mengakibatkan turunnya pH brokoli. Keadaan lingkungan yang asam menyebabkan vitamin C lebih stabil.

Sedangkan untuk sampel brokoli yang disimpan pada suhu *refrigerator*, kandungan vitamin C turun pada hari keempat, kemudian pada hari ketujuh sampai hari kesebelas cenderung stabil. Patras *et al.*, (2011) dalam penelitian penyimpanan brokoli (*blanching*) beku pada suhu *chiller* (4°C), menemukan bahwa kandungan vitamin C brokoli turun sekitar 27 % dari kandungan vitamin C awal di hari keempat dan sekitar 54 % pada hari kedelapan penyimpanan. Penurunan kandungan vitamin C ini disebabkan karena vitamin C atau asam askorbat merupakan zat nutrisi yang paling tidak stabil selama pengolahan dan penyimpanan. Hal ini berkaitan dengan karakteristik asam askorbat yang mudah teroksidasi dan larut ke dalam media air.

Sedangkan kandungan vitamin C sampel brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *freezer* tidak berbeda dari hari pertama sampai hari kelima belas. Hal ini serupa dengan hasil penelitian Volden *et al.*, (2009), yang menemukan bahwa kandungan vitamin C brokoli *blanching* pada hari pertama adalah sebesar 53,3 mg/100 gram bahan, kemudian setelah disimpan pada suhu *freezer* (-24°C) selama 3 , 6 dan 12 bulan kandungan vitamin C brokoli secara berurutan menjadi $54,3 \pm 2,4$ mg/100 gram bahan, $45,0 \pm 0,8$ mg/100 gram bahan dan $39,2 \pm 1,5$ mg/100 gram bahan. Salah satu penyebab

kerusakan pada sayur dan buah adalah akibat dari aktivitas enzim degradatif. Sehingga proses pemanasan, salah satunya *blanching* diperlukan untuk menginaktifkan enzim tersebut dan diharapkan supaya selama penyimpanan kerusakan akibat aktivitas enzim degradatif dapat diminimalkan. Hal tersebut serupa dengan Jones *et al.*, (2006), yang mengatakan bahwa pembekuan sayuran, salah satunya adalah brokoli adalah proses pengolahan yang sering dilakukan oleh industri makanan dan selalu didahului dengan proses *blanching* pada bahan yang dimaksudkan untuk menginaktifkan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan.

Sedangkan menurut Safaryani *et al.*, (2007), kandungan vitamin C pada brokoli dapat berkurang sampai lebih dari 50 % hanya dalam beberapa hari. Namun dengan adanya penyimpanan dalam suhu rendah, diharapkan dapat mengurangi kegiatan respirasi dan metabolisme, menghambat penuaan, mencegah kehilangan air dan mencegah kelayuan. Jika brokoli tidak disimpan pada suhu rendah, maka aktivitas enzim akan meningkat. Dengan adanya enzim asam askorbat oksidase, maka asam L-askorbat akan teroksidasi menjadi asam L-dehidroaskorbat. Asam dehidroaskorbat sangat labil dan mudah berubah menjadi asam L-diketoglulonat yang tidak lagi memiliki keaktifan sebagai vitamin C.

Brokoli selama penyimpanan pada berbagai kondisi dan suhu penyimpanan mengalami penurunan nilai kandungan vitamin C. Hal ini dapat dilihat dari kerusakan mekanis yang terjadi pada jaringan sel brokoli. Sebagai contohnya dapat dilihat pada penelitian Montero *et al.*, (2009). Dalam penelitian tersebut dikatakan bahwa kerusakan mekanis pada bahan pangan sering terjadi pada saat penanganannya, contohnya adalah deformasi plastis, luka, dan kerusakan jaringan pada sayuran akibat tekanan dari luar. Kerusakan mekanis berhubungan dengan kehilangan vitamin dan perubahan nutrisi di dalam sayuran. Ditemukan bahwa terjadi penurunan vitamin C sebesar 35 % dan 24 % pada buah asam varietas Montenegrina dan Rainha yang diberikan perlakuan tekanan mekanis untuk merusak jaringan sel buah tersebut. Selain itu, vitamin C diketahui sebagai salah satu senyawa paling sensitif terhadap kerusakan, terutama jika penanganan dan kondisi penyimpanan tidak sesuai. Penurunan vitamin C akan bertambah seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan, suhu semakin tinggi,

kelembaban yang rendah, kerusakan fisik, dan *chilling injury* (Lee & Kader, 2000). Dalam penelitian ini, gambar kerusakan jaringan sel brokoli selama penyimpanan dapat dilihat pada lampiran 5 (halaman 86). Dalam gambar tersebut terlihat bahwa semakin lama penyimpanan brokoli, jaringan batang brokoli bagian luar mengalami pelunakan dan selnya mengalami kerusakan.

Menurut Fellows (2000), *freezing* merupakan unit operasi di mana temperatur bahan pangan diturunkan hingga di bawah titik bekunya dan sebagian dari air dalam bahan pangan berubah bentuk menjadi kristal es. Sehingga diduga selama pembekuan, beberapa senyawa nutrisi termasuk vitamin C yang larut air akan tersimpan dalam bentuk kristal es. Andarwulan & Koswara (1992) menambahkan pula jika vitamin C lebih stabil dalam bentuk kristal, tetapi mudah rusak atau terdegradasi jika berada dalam bentuk larutan, terutama jika terdapat udara, logam, dan cahaya. Sedangkan menurut Klein & Kurilich (2000), proses blanching menyebabkan penurunan vitamin C pada brokoli. Sehingga sebaiknya, untuk mempertahankan kandungan vitamin C dilakukan proses pemasakan cepat dan menggunakan sedikit air. Tetapi brokoli setelah blanching yang dibekukan dan disimpan pada suhu -20°C tidak mengalami penurunan vitamin C yang signifikan di hari pertama sampai pada hari penyimpanan ke-225.

4.2. Aktivitas Antioksidan

Nilai aktivitas antioksidan paling tinggi terdapat pada brokoli segar pada hari pertama pengujian, yaitu sebesar $32,21 \pm 2,43$ %. Proses *steam blanching* menyebabkan penurunan terhadap nilai aktivitas antioksidan brokoli. Volden *et al.*, (2009) dalam penelitiannya menemukan bahwa *blanching* pada suhu 98°C selama 3 menit menyebabkan penurunan secara signifikan pada kapasitas antioksidan kembang kol, yaitu sebesar 25-31 %. Sedangkan menurut penelitian Zhang & Hamazu (2004), nilai aktivitas antioksidan pada kuntum brokoli segar adalah sebesar $60,5 \pm 2,5$ %. Setelah dilakukan perebusan selama 120 detik, nilai aktivitas antioksidan pada kuntum bunga brokoli dapat bertahan sampai 39,2% dari nilai aktivitas antioksidan kuntum brokoli segar. Terjadinya penurunan nilai aktivitas antioksidan baik pada kuntum bunga maupun batang brokoli disebabkan karena adanya kehilangan yang signifikan pada

senyawa antioksidan seperti vitamin dan senyawa fenolik lainnya, yang disebabkan karena terjadi *leaching* selama proses pemasakan.

Sedangkan menurut penelitian Patras *et al.*, (2011), proses *blanching* tidak menyebabkan penurunan yang signifikan pada nilai aktivitas antioksidan sayuran. Nilai aktivitas antioksidan brokoli segar adalah sebesar $0,53 \pm 0,01$ g/L dan hasil ini tidak berbeda nyata dengan nilai aktivitas antioksidan brokoli setelah *blanching*, yaitu sebesar $0,52 \pm 0,02$ g/L. Kemudian hasil penelitian Swiglo *et al.*, (2006), perebusan brokoli selama 5 menit dapat menyebabkan penurunan aktivitas antioksidan senyawa polifenol sebesar 29 %, namun pengukusan selama 5 menit menyebabkan kenaikan nilai aktivitas antioksidan sebesar 3 kali. Menurut Roy *et al.*, (2009), peningkatan nilai aktivitas antioksidan pada brokoli setelah *steam blanching* disebabkan karena adanya peningkatan jumlah senyawa flavonoid terlarut dari matriks jaringan selama *blanching* sehingga senyawa ini dapat lebih mudah terekstrak. Selain itu, senyawa non-fenolik juga dapat meningkat dan terlarut dalam jaringan sehingga dapat meningkatkan total senyawa antioksidan.

Pada hari kedua pengujian, baik nilai aktivitas antioksidan brokoli segar yang disimpan pada suhu ruang dan *steam blanched* yang disimpan pada suhu *refrigerator* dan *freezer* turun dari nilai aktivitas antioksidan brokoli di hari pertama. Tetapi sampel brokoli *steam blanched* yang disimpan di suhu ruang sudah mengalami kerusakan di hari kedua, sehingga tidak dapat dilakukan pengujian. Demikian pula sampel brokoli segar juga rusak pada hari keempat penyimpanan. Sedangkan brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *refrigerator* dapat bertahan sampai pada hari kesebelas pengujian. Sampel brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *freezer* dapat bertahan sampai pada hari terakhir pengujian dengan nilai aktivitas antioksidan yang tidak saling berbeda di hari keempat sampai kelima belas penyimpanan.

Nilai aktivitas antioksidan brokoli yang disimpan pada suhu *freezer* tidak berbeda pada hari keempat sampai hari terakhir pengujian. Menurut Singh & Heldman (2001), *freezing* merupakan salah satu cara yang sering dilakukan untuk mengawetkan bahan pangan supaya mempunyai umur simpan yang lebih panjang. Suhu yang rendah ($<0^{\circ}\text{C}$)

dapat memperlambat pertumbuhan mikroorganisme, reaksi enzimatik dan reaksi oksidatif. Selain itu menurut Jones *et al.*, (2006), pembekuan sayuran, salah satunya adalah brokoli adalah proses pengolahan yang sering dilakukan oleh industri makanan dan selalu didahului dengan proses *blanching* pada bahan yang dimaksudkan untuk menginaktifkan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Patras *et al.*,(2011), nilai aktivitas antioksidan brokoli yang telah diberi perlakuan *blanching*, dibekukan kemudian disimpan pada suhu *chiller* dan diukur pada hari pertama, keempat, keenam dan kedelapan secara berurutan adalah sebesar $0,51 \pm 0,02$ g/L; $0,53 \pm 0,02$ g/L; $0,52 \pm 0,03$ g/L; dan $0,29 \pm 0,02$ g/L. Aktivitas antioksidan dari sebuah produk makanan dapat terjaga atau bahkan meningkat. Hal tersebut disebabkan adanya kemungkinan senyawa antioksidan lain yang muncul selama proses. Sedangkan penurunan nilai aktivitas antioksidan diduga disebabkan adanya penurunan pada senyawa antioksidan, seperti vitamin C, polifenol, glukosinolat, dan sebagainya selama penyimpanan.

Hasil pengujian nilai aktivitas antioksidan pada penelitian ini berbeda dengan hasil dari beberapa penelitian lainnya. Menurut Podsedek (2007), pengolahan dengan menggunakan panas mempengaruhi besarnya nilai aktivitas antioksidan pada sayuran dan yang sering terjadi adalah terjadinya penurunan nilai aktivitas antioksidan setelah dilakukan pemasakan dengan menggunakan panas. Namun besarnya nilai aktivitas antioksidan akibat pemasakan dapat berbeda-beda antar hasil penelitian, hal ini disebabkan adanya perbedaan metode ekstraksi dan jenis senyawa antioksidan yang terekstrak di dalam cairan. Selain itu, menurut Singh *et al.*, (2007) dan Volden *et al.*, (2008), adanya variasi nilai dari hasil berbagai penelitian dapat disebabkan karena adanya pengaruh lingkungan dan genetik, serta perbedaan metode pengujian yang dilakukan.

4.3. Kadar Air

Pada hari pertama pengujian kadar air, ditemukan nilai kadar air brokoli segar adalah $90,91 \pm 0,24$ %, sedangkan kadar air brokoli *steam blanched* yang akan disimpan pada suhu ruang, *refrigerator* dan *freezer* meningkat. Peningkatan ini terjadi karena

selama proses *steam blanching*, uap air terserap ke dalam jaringan brokoli dan diikuti pula dengan melunaknya jaringan brokoli (Howard *et al.*, 1999).

Brokoli segar mengalami kerusakan pada hari keempat dan brokoli *steam blanching* yang disimpan di suhu ruang, pada hari kedua hingga selanjutnya mengalami kerusakan karena brokoli busuk. Hal ini ditandai dengan meningkatnya jumlah air dalam plastik pengemas, plastik pengemas mengalami penggembungan, dan muncul bau yang tidak sedap. Kerusakan ini diakibatkan karena brokoli yang sudah di-*steam blanching* mengalami peningkatan kadar air. Kadar air yang tinggi akan menyebabkan pertumbuhan mikroba pembusuk semakin meningkat. Menurut Winarno *et al.*, (1980), pertumbuhan mikrobial pada bahan pangan sangat erat hubungannya dengan jumlah kandungan air pada bahan tersebut. Pertumbuhan mikrobial tidak pernah terjadi tanpa adanya air. Menurut Safaryani *et al.*, (2007), laju respirasi adalah petunjuk mengenai potensi daya simpan sayuran. Laju respirasi yang tinggi biasanya disertai dengan umur simpan yang pendek dan faktor yang sangat mempengaruhi laju respirasi adalah suhu penyimpanan. Peningkatan suhu antara 0 – 35°C akan meningkatkan laju respirasi sayuran.

Brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *refrigerator* dapat bertahan sampai pada hari kesebelas penyimpanan dengan nilai kadar air yang tidak berbeda pada setiap hari pengujian. Hal ini disebabkan karena selama penyimpanan di dalam *refrigerator*, suhu, dan kelembaban udara dapat dikontrol. Sehingga nilai kadar air brokoli cenderung stabil sampai pada hari kesebelas. Sedangkan kadar air brokoli yang disimpan pada suhu *freezer* juga tidak berbeda pada hasil setiap pengujian kadar air. Hal ini disebabkan karena selama penyimpanan di dalam *freezer*, sebagian besar air dalam jaringan brokoli diubah menjadi bentuk kristal es (Fellows, 2000). Kemudian menurut Howard *et al.*, (1999) mengatakan fluktuasi nilai kadar air sayuran selama penyimpanan dalam *refrigerator* dan *freezer* disebabkan adanya variasi pada sampel.

4.4. Tekstur

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian tekstur (*hardness*) dari sampel brokoli. Menurut Bourne (2002), *hardness* secara subjektif dapat diartikan sebagai tenaga

tertinggi yang terjadi saat pertama kali uji penekanan sampel (*compressive*) berlangsung. *Hardness* juga dapat didefinisikan sebagai sebuah tenaga yang dibutuhkan untuk merusak atau menghancurkan sampel di antara gigi geraham. Tingkat kekerasan brokoli segar pada hari pertama adalah sebesar $9660,4 \pm 628,6$ gf, kemudian turun pada hari kedua penyimpanan. Sedangkan tingkat kekerasan brokoli setelah dilakukan *steam blanching* selama 2 menit secara umum lebih rendah dibandingkan dengan tingkat kekerasan brokoli segar (lihat pada tabel 5, halaman 31).

Hasil penelitian ini sesuai dengan Miglio *et al.*, (2008) yang mengatakan bahwa penurunan tingkat kekerasan pada brokoli setelah *blanching* disebabkan karena selama *blanching*, brokoli mengalami proses pemanasan, struktur membran selnya rusak dan menyebabkan selnya terpisah. Hal itu mengakibatkan hilangnya tekanan turgor pada dinding sel sehingga tekstur brokoli *blanching* menjadi lebih lunak daripada brokoli segar. Hal ini dapat dilihat pada gambar penampang melintang batang brokoli di lampiran 5. Namun di sisi lain, Barrett *et al.*, (2000) mengatakan bahwa, brokoli segar yang disimpan pada kondisi beku akan mengalami penurunan tingkat kekerasannya. Hal ini disebabkan karena aktifitas enzim *polygalacturonase* yang berperan dalam mengkatalis pelunakan atau kerusakan mekanis pada dinding sel brokoli. Tetapi di sisi lain, *blanching* pada brokoli memberikan efek untuk mengaktifkan enzim pektin esterase. Enzim pektin esterase akan menghidrolisa gugus metil pada rantai pektin dan meningkatkan keberadaan gugus karboksil yang dapat berikatan dengan kalsium sehingga tingkat kerenyahan brokoli meningkat.

4.5. Warna

Warna merupakan salah satu atribut fisik yang harus diperhatikan dalam suatu produk pangan karena terkait langsung dengan penerimaan konsumen. Penilaian kualitas bahan pangan pertama kali oleh seorang konsumen adalah penampakan visual. Warna yang tidak normal, terutama yang berhubungan dengan penurunan *eating quality* atau kerusakan bisa menyebabkan penolakan produk oleh konsumen (Avila & Silva dalam Akoy *et al.*, 2008). Warna dapat ditentukan secara objektif dengan menggunakan alat yang disebut *chromameter* dan hasil pengukuran warna didapatkan dalam bentuk $L^*a^*b^*$ atau $L^*C^*h^*$. Dalam satuan warna ini, L^* menyatakan *lightness*, sama dengan

L^* pada satuan CIELAB, C^* adalah *chroma*, dan h adalah sudut *hue*. Sudut *hue* h didefinisikan dimulai dari absis 0^0 berarti $+a^*$ (merah), 90^0 berarti $+b^*$ (kuning), 180^0 berarti $-a^*$ (hijau), dan 270^0 berarti $-b^*$ (biru). *Hue* adalah istilah yang dipakai dalam dunia warna untuk klasifikasi macam warna seperti merah, kuning, biru, dan lain-lain. *Lightness* adalah seberapa cerah warna suatu bahan, warna ini dapat dibedakan menjadi warna cerah dan gelap (Minolta Co., 1998).

Steam blanching menyebabkan perubahan terhadap nilai L^* , a^* , dan b^* sampel brokoli. Pada hasil penelitian ini, nilai L^* (*lightness*) pada brokoli setelah *steam blanching* menurun. Dan selama penyimpanan, secara umum terjadi penurunan nilai L^* pada semua sampel. Penurunan nilai L^* menunjukkan bahwa sampel semakin gelap. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Volden *et al.*, (2009), *blanching* menurunkan nilai L^* pada berbagai varietas kembang kol. Demikian pula dengan hasil penelitian Miglio *et al.*, (2008), di mana perebusan dan pengukusan menurunkan nilai L^* pada wortel. Selain itu Barrett *et al.*, (2000) menegaskan bahwa penurunan nilai L^* menunjukkan bahwa sampel semakin gelap. Nilai *lightness* brokoli segar adalah sekitar 39,24, namun setelah dilakukan *blanching* selama 135 detik nilai *lightness* brokoli berkurang hingga 23,6 % atau nilai *lightness* brokoli menjadi sekitar 29,97. Dalam penelitian Patras *et al.*, (2011), ditemukan bahwa nilai L^* brokoli beku yang disimpan pada suhu *chiller* mengalami penurunan. Turunnya nilai L^* berkaitan dengan aktivitas enzim PPO, terutama pada brokoli beku yang tidak di-*blanching* terlebih dahulu.

Kemudian nilai a^* yang semakin negatif atau menurun menunjukkan warna hijau yang lebih kuat. *Steam blanching* menyebabkan penurunan pada nilai a^* (a^* semakin negatif) brokoli. Namun setelah dilakukan penyimpanan pada tiga jenis suhu, nilai a^* dari sampel secara umum mengalami peningkatan. Menurut Miglio *et al.*, (2008), intensitas warna hijau dari sayur mentah dan yang sudah diolah tidak hanya berkaitan dengan konsentrasi pigmen, tetapi juga penyebaran dan pemantulan warna dari permukaan hijau sayuran. Perubahan intensitas warna hijau disebabkan karena adanya perubahan pada permukaan sayur, seperti hilangnya udara di antara dinding sel. Kemudian perubahan nilai a^* pada brokoli segar menunjukkan nilai a^* semakin positif atau naik, hal ini menunjukkan bahwa intensitas warna hijau brokoli semakin berkurang. Menurut Barrett

et al.,(2000), perubahan intensitas warna hijau pada brokoli selama pasca panen dipengaruhi oleh aktivitas enzim LPO (*lypoxigenase*) dan adanya oksidasi pada asam lemak tidak jenuh, yang akhirnya menyebabkan terjadinya *bleaching* pada klorofil dan karotenoid.

Steam blanching juga menyebabkan perubahan yang signifikan terhadap nilai b^* brokoli. Nilai b^* yang semakin tinggi menunjukkan peningkatan intensitas warna kuning, sedangkan nilai b^* yang semakin negatif menunjukkan intensitas warna biru. *Steam blanching* menyebabkan peningkatan nilai b^* brokoli. Hal ini sesuai dengan penelitian Miglio *et al.*,(2008) yang menyebutkan bahwa nilai b^* kuntum bunga brokoli segar adalah $7,3 \pm 1,2$ dan setelah dilakukan perebusan serta pengukusan, nilai b^* kuntum bunga brokoli adalah sebesar $11,9 \pm 2,6$ dan $12,6 \pm 4,6$. Suhu penyimpanan juga berpengaruh terhadap perubahan nilai b^* . Sampel brokoli *steam blanching* yang disimpan di suhu *refrigerator* mengalami peningkatan warna kuning dari hari ke hari.

Selanjutnya, nilai ΔE dan *chroma* menunjukkan besarnya perubahan dan tingkat kecerahan dari sampel. Perlakuan *steam blanching* memberikan pengaruh terhadap nilai *chroma*. Hal ini sesuai dengan penelitian Miglio *et al.*,(2008), yang menyebutkan bahwa nilai C^* kuntum bunga brokoli segar adalah $8,6 \pm 1,3$ dan setelah dilakukan perebusan dan pengukusan, nilai C^* bertambah hingga mencapai nilai $14,0 \pm 2,9$ dan $13,0 \pm 2,8$. Peningkatan nilai C^* juga ditemukan dalam penelitian Barrett *et al.*,(2000), nilai C^* dari brokoli segar adalah sebesar 18,82. Setelah dilakukan *blanching* selama 45 detik, 90 detik, 135 detik, dan 180 detik nilai C^* berubah menjadi 27,95; 22,00; 24,11; dan 21,55. Nilai ΔE sampel brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *refrigerator* semakin meningkat dari hari ke hari. Besarnya perubahan warna tersebut diikuti dengan penurunan nilai *chroma* atau dapat diartikan sampel semakin kehilangan tingkat kecerahan. Namun nilai ΔE pada brokoli *steam blanching* yang disimpan pada suhu *freezer* tidak berbeda nyata di setiap hari pengujian, begitu pula dengan nilai C^* brokoli beku (lihat pada tabel 7, halaman 37). Hal ini menunjukkan bahwa mutu dari segi fisik yaitu warna, brokoli yang disimpan dalam kondisi beku dapat lebih dipertahankan. Patras *et al.*,(2011) menegaskan bahwa pembekuan dapat memberikan keunggulan

dalam menjaga kualitas sayuran beku tetap sama seperti bentuk segarnya jika dilihat dari sisi atribut sensori dan nutrisi.



5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

- Brokoli yang disimpan pada suhu *freezer* memiliki kualitas, baik dari segi fisik dan kimia yang lebih baik dari pada brokoli yang disimpan pada suhu ruang dan *refrigerator*.
- Suhu dan waktu penyimpanan berpengaruh terhadap nilai kandungan vitamin C, nilai aktivitas antioksidan, dan warna brokoli.
- Suhu dan waktu penyimpanan tidak berpengaruh terhadap kadar air dan tekstur brokoli.
- Penurunan kandungan vitamin C pada brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *freezer* sampai hari kelima belas lebih rendah daripada brokoli *steam blanched* yang disimpan di suhu ruang dan suhu *refrigerator*.
- Penurunan nilai aktivitas antioksidan brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *freezer* pada hari kelima belas lebih rendah daripada brokoli *steam blanched* yang disimpan di suhu ruang dan suhu *refrigerator*.
- Warna brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *freezer* semakin hari adalah semakin gelap dan berwarna hijau tua.
- Tekstur brokoli *steam blanched* yang disimpan pada suhu *freezer* setelah *thawing* tidak berbeda dengan tekstur brokoli *steam blanched* pada hari pertama.

5.2. Saran

- Perlu adanya penelitian terhadap kualitas mutu mikrobiologis brokoli beku.
- Perlu dilakukan penelitian survei pasar terhadap prospek pengembangan produk brokoli beku.

6. DAFTAR PUSTAKA

Akoy, El-Amin O. M.; D.Von Hörsten; dan W. Luecke. (2008). Drying Kinetics and Colour Change of Mango Slices as Affected by Drying Temperature and Time.

Andarwulan, N dan S. Koswara. (1992). Kimia Vitamin. Rajawali. Jakarta.

AOAC. (1995). Official Methods of Analysis. Ascorbic Acid in Vitamin Preparations and Juices. Vitamin and other nutrient. Chapter 45 p. 16.

Barrett, D. M.; E.L. Garcia; G. F. Russell; E. Ramirez; dan A. Shirazi. (2000). Blanch Time and Cultivar Effects on Quality of Frozen and Stored Corn and Broccoli. Journal of Food Science Vol. 65, No. 3 : 534-540.

Bourne, M.C. (2002). Food Texture and Viscosity Concept and Measurement 2nd Edition. Academic Press. New York.

Brand-Williams, W.; M. E. Cuvelier; dan C. Berset. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity.

Chipurura, B.; M. Muchuweti; dan F. Manditseraa. (2010). Effects of Thermal Treatment on the Phenolic Content and Antioxidant Activity of Some Vegetables. Asian Journal of Clinical Nutrition 2 (3): 93-100.

deMan, J.M. (1997). Kimia Makanan (Terjemahan oleh Padmawinata). Edisi Kedua. ITB. Bandung.

Fellows, P. (2000). Food Processing Technology Principles and Practice, Second Edition. Woodhead Publishing Limited. England.

Fennema, O. R. (1985). Food Chemistry: second edition revised and expanded. Marcel Dekker, Inc. New York, USA.

Gawlik-Dziki, U. (2008). Effect of Hydrothermal Treatment on the Antioxidant Properties of Broccoli (*Brassica oleracea* var. *botrytis italica*) florets. Food Chemistry 109 : 393-401.

Howard, L. A.; A. D. Wong; A. K. Perry; dan B. P. Klein. (1999). β -Carotene and Ascorbic Acid Retention in Fresh and Processed Vegetables. Journal of Food Science Vol. 64, No. 5 : 929-936.

Jones, R. D.; J.D. Faragher; dan S. Winkler. (2006). A review of the Influence of Postharvest Treatments on Quality and Glucosinolate Content in Broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) heads. *Postharvest Biology and Technology* 41 :1-8.

Klein, B. P. dan A. C. Kurilich. (2000). Processing Effects on Dietary Antioxidants from Plants Food. *HortScience* Vol. 35 (4) : 580-584.

Lee, S. K. dan A. A. Kader. (2000). Preharvest and Postharvest Factors Influencing Vitamin C Content of Horticultural Crops. *Postharvest Biology and Technology* 20 : 207-220.

Lin, C. H. dan C. Y. Chang. (2005). Textural change and antioxidant properties of broccolli under different cooking treatments. *Journal of Food Chemistry* 90: 9-15.

MacDougall, D. B. (2002). *Colour in Food : Improving Quality*. Woodhead Publishing Limited Cambridge. England.

Miglio, C.; E. Chiavaro; A. Visconti; V. Fogliano; dan N. Pellegrini. (2008). Effects of Different Cooking Methods on Nutritional and Physicochemical Characteristic of Selected Vegetables. *Agricultural and Food Chemistry* 56:139-147.

Miliauskas, G.; P. R. Venskutonis; dan T. A. van Beek. (2003). Screening of Radical Scavenging Activity of Some Medicinal and Aromatic Plant Extracts. *Food Chemistry* 85 : 231-237.

Minolta Co., Ltd. (1998). *Precise Color Communication*. Minolta Co., Ltd.

Montero, C. R. S.; L. L. Schwarz; L. C. dos Santos; C. S. Andrezza; C. P. Kechinski; dan R. J. Bender. (2000). Postharvest Mechanical Damage Affects Fruit Quality of 'Montenegrina' and 'Rainha' Tangerines. *Pesq. Agropec Brasilia*. Vol. 44 : 1636-1640.

National Institute for Health and Welfare. (2011). Broccoli.
[Http://www.fineli.fi/food.php?foodid=324&lang=en](http://www.fineli.fi/food.php?foodid=324&lang=en)

Novary, Eti Widayati. (1997). *Penanganan & Pengolahan Sayuran Segar*. PT Penebar Swadaya. Jakarta.

Patras, A.; B. K. Tiwari; dan N. P. Brunton. (2011). Influence of Blanching and Low Temperature Preservation Strategies on Antioxidant Activity and Phytochemical Content of Carrots, Green Beans and Broccoli. *Food Science and Technology* 44 : 299-306.

Podsedeck, A. (2007). Natural Antioxidants and Antioxidant Capacity of Brassica Vegetables : A Review. LWT 40 : 1-11.

Podsedeck, A.; D. Sosnowska; M. Redzynia; dan M. Koziolkiewicz. (2008). Effect of Domestic Cooking on the Red Cabbage Hydrophilic Antioxidants. International Journal of Food Science and Technology 43: 1770-1777.

Rosenthal, A. J. (1999). Food Texture: Measurement and Preception. Aspen Publication. Maryland.

Roy, M. K.; L. R. Juneja; S. Isobe; dan T. Tsushida. (2009). Steam Processed Broccoli (*Brassica oleracea*) Has Higher Antioxidant Activity in Chemical and Cellular Assay Systems. Food Chemistry 114 : 263-269.

Rungapamestry, V.; A. J. Duncan; Z. Fuller; dan B. Ratcliffe. (2007). Influence of Blanching and Freezing Broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) Prior to Storage and Cooking on Glucosinolate Concentrations and Myrosinase Activity. European Food Research and Technology. Vol. 227, No. 1 : 37-44.

Safaryani, N. ; S. Haryanti; dan E. D. Hastuti. (2007). Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Penurunan Kadar Vitamin C Brokoli (*Brassica oleracea* L.). Buletin Anatomi dan Fisiologi. Vol. XV, No. 2 : 39-46.

Singh, J.; A. K. Upadhyay; K. Prasad; A. Bahadur; dan M. Rai. (2007). Variability of Carotens, Vitamin C, E and Phenolics in *Brassica* Vegetables. Journal of Food Composition and Analysis 20 : 106-112.

Singh, R. P. dan R. Heldman. (2001). Introduction to food Engineering. 3rd Edition. Academic Press. Glasgow.

Swiglio-Gliszczyńska, A.; E. Ciska; K. Pawlak-Lemanska; J. Chmielewski; T. Borkowski; dan B. Tyrakowska. (2006). Changes in the Content of Health-Promoting Compounds and Antioxidant Activity of Broccoli after Domestic Processing. Food Additives and Contaminants. 23 (11) : 1088-1098.

Tosun, B. N. dan S. Yucesan. (2007). Influence of Home Freezing and Storage on Vitamin C Contents of Some Vegetables. Pakistan Journal of Nutrition 6 (5) : 472-477.

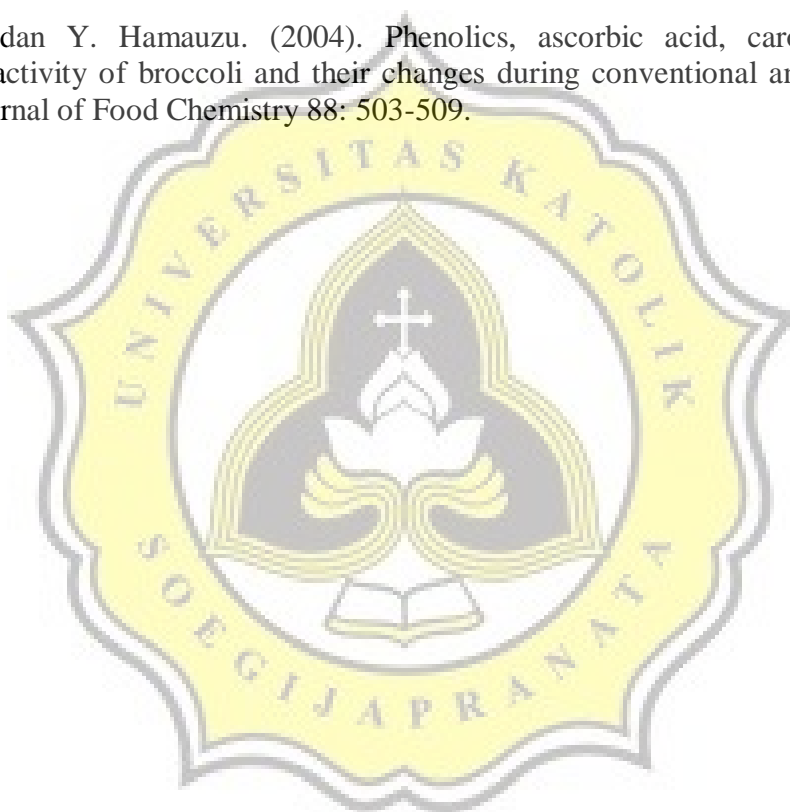
Volden, J.; G. I. A. Borge; M. Hansen; T. Wicklund; dan G. B. Bengtsson. (2008). Processing (Blanching, Boiling, Steaming) Effect on The Content of Glucosinolates and Antioxidant-Related Parameters in Cauliflower (*Brassica oleracea* L ssp. *botrytis*). Food Science and Technology 42: 63-73.

Volden, J.; G. B. Bengtsson; dan T. Wicklund. (2009). Glucosinolates, L-Ascorbic acid, total phenols, anthocyanins, antioxidant capacities and colour in cauliflower (*Brassica oleracea* L. ssp. *botrytis*); effects of long-term freezer storage. *Journal of Food Chemistry* 112: 967-976.

Winarno, F. G.; S. Fardiaz; dan D. Fardiaz. (1980). *Pengantar Teknologi Pangan*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Yuan, Gao-feng; B. Sun; J. Yuan; dan Qiao-mei Wang. (2009). Effects of Different Cooking Methods on Health-Promoting Compounds of Broccoli. *Journal of Zhejiang University Science B* 10 (8) : 580-588.

Zhang, D. dan Y. Hamazu. (2004). Phenolics, ascorbic acid, carotenoids, and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Journal of Food Chemistry* 88: 503-509.



LAMPIRAN 1. *Worksheet dan Scoresheet Uji Optimalisasi Blanching*

1.1. *Worksheet Uji Ranking Hedonik*

Tanggal uji :

Jenis sampel : Brokoli

Identifikasi sampel:

Kode

Brokoli *Steam blanching* 2'

A

Brokoli *Steam blanching* 3'

B

Brokoli *Hot Water blanching* 2'

C

Brokoli *Hot Water blanching* 3'

D

Brokoli kontrol

E

Kode kombinasi urutan penyajian:

ACBDE = 1,6,11,16,21,26

BCDEA = 2,7,12,17,22,27

CBEAD = 3,8,13,18,23,28

DEABC = 4,9,14,19,24,29

EACBD = 5,10,15,20,25,30

Penyajian:

<i>Panelis</i>	<i>Kode sampel urutan penyajian</i>				
#1,6,11,16,21,26	742	226	421	553	116 ¹
#2,7,12,17,22,27	712	859	138	187	117 ²
#3,8,13,18,23,28	975	663	397	264	135 ³
#4,9,14,19,24,29	555	896	478	622	752 ⁴
#5,10,15,20,25,30	314	667	295	245	671 ⁵

Rekap kode sampel:

Sampel A	742	117	264	478	667
Sampel B	421	712	663	622	245
Sampel C	226	859	975	752	295
Sampel D	553	138	135	555	671
Sampel E	116	187	397	896	314

1.4. Uji Ranking Hedonik Overall

UJI RANKING HEDONIK

Nama : Tanggal:
 Produk : Brokoli setelah *blanching*
 Atribut : *Overall*

Instruksi :

Di hadapan Anda terdapat 5 sampel brokoli yang telah *diblanching*. Bandingkan dan amati sampel secara berturutan dari kiri ke kanan, lihatlah masing-masing. Setelah melihat semua sampel, Anda boleh mengulang mengamati sesering yang Anda perlukan. Tuliskan kode sampel sesuai angka dibawah ini :

1= sangat tidak suka

2= tidak suka

3= cukup suka

4= suka

5= sangat suka

Sampel **Ranking (jangan ada yang dobel)**

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Terima Kasih

LAMPIRAN 2. Friedman Test Dan LSD Rank Hedonik Optimalisasi Blanching

2.1. Friedman Test

WARNA

Ranks		Test Statistics ^a	
	Mean Rank		
sample_A	3,78	N	50
sample_B	3,44	Chi-Square	26,672
sample_C	2,74	df	4
sample_D	2,56	Asymp. Sig.	,000
sample_E	2,48	a. Friedman Test	

TEKSTUR

Ranks		Test Statistics ^a	
	Mean Rank		
sampel_A	3,24	N	50
sampel_B	3,32	Chi-Square	11,600
sampel_C	3,16	df	4
sampel_D	2,90	Asymp. Sig.	,021
sampel_E	2,38	a. Friedman Test	

OVERALL

Ranks		Test Statistics ^a	
	Mean Rank		
sampel_A	3,68	N	50
sampel_B	3,22	Chi-Square	26,128
sampel_C	3,24	df	4
sampel_D	2,64	Asymp. Sig.	,000
sampel_E	2,22	a. Friedman Test	

2.2. LSD Rank

Sampel	Warna	Tekstur	overall
A	189	163	184
B	172	167	161
C	137	159	162
D	128	146	132
E	124	128	111

$$\text{LSD rank} = 1,96 * \sqrt{(50*5*6)/6}$$

$$\text{LSD rank} = 30,99$$

Warna

A B C D E

$$R_A - R_B = 17 < \text{LSD rank} =$$

$$R_A - R_C = 52 > \text{LSD rank} \neq$$

$$R_A - R_D = 61 > \text{LSD rank} \neq$$

$$R_A - R_E = 65 > \text{LSD rank} \neq$$

$$R_C - R_B = 35 > \text{LSD rank} \neq$$

$$R_D - R_B = 44 > \text{LSD rank} \neq$$

$$R_E - R_B = 48 > \text{LSD rank} \neq$$

$$R_D - R_C = 9 < \text{LSD rank} =$$

$$R_E - R_C = 13 < \text{LSD rank} =$$

$$R_D - R_E = 4 < \text{LSD rank} =$$

Tekstur

A B C D E

$$R_A - R_B = 4 < \text{LSD rank} =$$

$$R_A - R_C = 4 < \text{LSD rank} =$$

$$R_A - R_D = 17 < \text{LSD rank} =$$

$$R_A - R_E = 35 > \text{LSD rank} \neq$$

$$R_C - R_B = 8 < \text{LSD rank} =$$

$$R_D - R_B = 18 < \text{LSD rank} =$$

$$R_E - R_B = 38 > \text{LSD rank} \neq$$

$$R_D - R_C = 13 < \text{LSD rank} =$$

$$R_E - R_C = 31 > \text{LSD rank} \neq$$

$$R_D - R_E = 18 < \text{LSD rank} =$$

Overall

A B C D E

$$R_A - R_B = 23 < \text{LSD rank} =$$

$$R_A - R_C = 22 < \text{LSD rank} =$$

$$R_A - R_D = 52 > \text{LSD rank} \neq$$

$$R_A - R_E = 73 > \text{LSD rank} \neq$$

$$R_C - R_B = 1 < \text{LSD rank} =$$

$$R_D - R_B = 29 < \text{LSD rank} =$$

$$R_E - R_B = 50 > \text{LSD rank} \neq$$

$$R_D - R_C = 30 < \text{LSD rank} =$$

$$R_E - R_C = 51 > \text{LSD rank} \neq$$

$$R_D - R_E = 21 < \text{LSD rank} =$$



LAMPIRAN 3. Hasil Uji Optimalisasi Pengemas

Batch 1

Hari ke-0



(foto dok. pribadi)

Analisa Warna

1. Segar

Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
1	L = 52,95 a = -7,26 b = 12,26	L = 53,31 a = -8,62 b = 12,55	L = 49,00 a = -6,70 b = 10,46
2	L = 51,83 a = -7,38 b = 11,48	L = 54,65 a = -10,46 b = 17,10	L = 51,12 a = -7,10 b = 10,73
3	L = 52,36 a = -9,02 b = 13,29	L = 51,63 a = -7,59 b = 12,49	L = 53,72 a = -10,14 b = 16,02

2. Steam Blanching

Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
1	L = 47,36 a = -9,11 b = 11,43	L = 45,92 a = -10,20 b = 13,22	L = 27,15 a = -9,63 b = 12,14
2	L = 46,32 a = -8,90 b = 13,00	L = 48,83 a = -11,70 b = 19,45	L = 48,33 a = -8,56 b = 12,67
3	L = 45,13 a = -11,93 b = 14,44	L = 46,74 a = -12,28 b = 18,14	L = 43,93 a = -11,40 b = 13,61

Analisa Tekstur (*hardness*)

Sampel	Segar	Steam Blanching
1	9980,9 gf	8229,6 gf
2	9847,1 gf	8542,6 gf
3	9563,5 gf	8047,3 gf

Hari ke-1



(foto dok. pribadi)

Analisa Warna

1. Segar

Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
1	L = 51,27 a = -7,83 b = 13,18	L = 49,31 a = -5,54 b = 10,63	L = 54,04 a = -10,78 b = 18,35
2	L = 50,62 a = -6,93 b = 10,97	L = 49,44 a = -8,03 b = 12,19	L = 50,03 a = -4,43 b = 8,87
3	L = 49,94 a = -5,25 b = 8,96	L = 51,00 a = -5,57 b = 9,04	L = 49,40 a = -6,02 b = 10,66

2. Steam Blanching

Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
1	L = 44,82 a = -10,63 b = 12,95	L = 46,59 a = -9,99 b = 12,09	L = 46,55 a = -10,46 b = 14,48
2	L = 45,80 a = -8,93 b = 10,47	L = 44,58 a = -8,20 b = 9,64	L = 45,36 a = -10,75 b = 13,00
3	L = 44,06 a = -10,88 b = 13,24	L = 46,23 a = -11,46 b = 14,42	L = 44,39 a = -10,35 b = 12,23

3. Segar/PE

Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
1	L = 48,12 a = -7,01 b = 9,38	L = 48,48 a = -8,48 b = 11,48	L = 50,10 a = -6,99 b = 9,07
2	L = 50,86 a = -6,78 b = 11,30	L = 48,60 a = -6,23 b = 10,87	L = 48,08 a = -6,29 b = 9,13
3	L = 49,15 a = -5,87 b = 8,00	L = 48,14 a = -7,91 b = 12,56	L = 50,49 a = -9,54 b = 14,66

4. Steam Blanching/PE

Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
1	L = 45,98 a = -9,62 b = 12,24	L = 47,74 a = -9,26 b = 13,13	L = 48,61 a = -9,70 b = 12,90
2	L = 50,60 a = -11,29 b = 16,98	L = 47,43 a = -11,13 b = 15,22	L = 46,03 a = -9,55 b = 11,93
3	L = 47,04 a = -8,71 b = 10,81	L = 46,07 a = -10,28 b = 13,71	L = 45,46 a = -11,27 b = 15,95

5. Steam Blanching/PP

Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
1	L = 46,80 a = -5,85 b = 14,41	L = 47,45 a = -5,15 b = 12,00	L = 46,01 a = -5,82 b = 14,16
2	L = 44,30 a = -5,44 b = 11,64	L = 44,53 a = -6,21 b = 13,10	L = 43,71 a = -6,17 b = 11,98
3	L = 43,64 a = -5,32 b = 13,35	L = 42,36 a = -5,00 b = 10,36	L = 43,62 a = -5,16 b = 12,14

Analisa Tekstur (*Hardness*)

Sampel	Segar	Steam Blanch	Segar/PE	Steam Blanch/PE	Steam blanch/PP
1	10199,0 gf	9932,0 gf	8965,3 gf	7748,8 gf	6993,0 gf
2	9110,9 gf	8648,2 gf	8461,3 gf	7952,1 gf	7918,4 gf
3	9734,8 gf	9954,2 gf	9090,5 gf	8597,3 gf	7371,7 gf
Rata-rata	9681,6 gf	9511,5 gf	8839,0 gf	8099,4 gf	7427,7 gf

Batch 2.

Hari ke-0



(foto dok. pribadi)

Tekstur

ulangan	segar/0	SB/0
1	8954,4	7784,9
2	8365,3	9033,7
3	9443,8	9830,2
4	9678,7	8874,5
5	9024,1	9451,9
Rata-rata	9093,26	8995,04
stdev	504,8785	772,4436

Warna

sampel	ulangan	segar/0			SB/0		
		L	a	b	L	a	b
1	1	50,15	-6,62	9,89	41,68	-9,56	11,07
	2	48,46	-6,92	9,80	44,41	-8,82	10,30
	3	49,84	-5,43	7,52	44,27	-11,61	14,45
2	1	49,86	-7,12	8,94	46,54	-9,88	12,46
	2	49,40	-6,50	8,23	44,00	-10,03	10,87
	3	47,86	-9,49	14,77	43,26	-11,98	14,28
3	1	49,67	-7,54	9,95	46,24	-12,80	15,42
	2	48,37	-8,64	11,37	43,35	-10,92	13,44
	3	47,34	-10,36	16,07	43,80	-9,24	10,10
4	1	47,39	-9,16	13,67	44,50	-12,69	14,41
	2	49,03	-8,03	10,46	44,82	-12,78	14,48
	3	46,76	-8,95	13,38	42,79	-11,23	12,29
5	1	48,03	-7,49	10,46	42,97	-7,90	9,24
	2	49,38	-8,01	11,05	44,06	-11,05	13,29
	3	51,33	-8,29	11,14	42,37	-9,91	11,55
Rata-rata		48,858	-7,90333	11,11333	43,93733	-10,6933	12,51
stdev		1,251931	1,297364	2,406274	1,313439	1,515754	1,917021

Hari ke-1



(foto dok. pribadi)

sampel	ulangan	S/kontrol			SB/kontrol			S/PE/1			SB/PE/1			SB/PP/1		
		L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	1	48,87	-7,03	9,09	45,45	-8,78	8,63	47,41	-6,20	8,66	45,27	-9,99	12,70	43,06	-7,33	9,16
	2	48,84	-8,86	11,89	44,76	-8,74	8,84	47,60	-6,04	8,27	44,41	-9,80	11,51	42,46	-8,81	10,82
	3	47,33	-7,96	10,51	40,96	-10,42	10,38	48,48	-6,11	8,76	43,67	-8,61	9,63	45,05	-7,67	9,83
2	1	48,49	-6,95	9,15	46,49	-10,18	10,31	46,22	-6,21	9,09	43,85	-8,10	8,37	43,41	-6,78	11,40
	2	48,40	-5,38	6,70	45,10	-8,75	9,62	44,88	-7,08	10,46	41,90	-7,75	8,83	45,38	-6,22	9,96
	3	46,66	-5,13	6,45	47,10	-11,69	12,51	49,14	-10,37	15,65	40,35	-7,46	7,53	45,89	-5,54	7,62
3	1	49,56	-6,20	7,72	41,36	-8,22	8,86	47,56	-5,11	7,53	42,73	-6,66	8,40	43,23	-6,50	8,56
	2	50,38	-7,19	9,32	44,40	-7,76	8,22	46,90	-4,52	6,31	44,87	-6,61	8,42	43,54	-5,62	8,05
	3	50,21	-8,00	12,83	42,96	-8,67	9,22	46,29	-3,93	6,06	42,69	-6,92	8,54	45,95	-8,57	15,03
4	1	46,42	-11,48	18,36	44,36	-13,72	14,51	48,59	-6,55	8,94	42,64	-6,20	8,33	41,69	-6,06	9,03
	2	49,16	-10,63	15,32	43,72	-11,78	12,04	47,81	-6,94	9,50	45,68	-8,32	9,87	44,75	-7,80	10,05
	3	45,99	-11,74	18,05	44,58	-11,77	12,30	49,54	-6,34	9,14	44,63	-5,83	7,34	43,58	-6,13	9,01
5	1	49,90	-7,15	9,05	43,25	-9,63	9,70	48,77	-6,55	8,52	44,89	-6,00	6,65	46,65	-8,89	12,14
	2	51,03	-6,60	8,38	45,84	-11,25	12,44	47,61	-7,28	10,50	40,69	-7,62	8,47	46,82	-9,42	12,86
	3	49,62	-5,92	7,76	44,05	-8,12	8,08	50,17	-7,17	9,48	45,04	-7,01	7,49	45,57	-8,78	12,08
Rata-rata		48,724	-7,748	10,705	44,292	-9,965	10,377	47,798	-6,427	9,125	43,554	-7,525	8,805	44,469	-7,341	10,373
stdev		1,524	2,085	3,842	1,698	1,753	1,934	1,385	1,452	2,202	1,661	1,271	1,589	1,581	1,319	2,020

Warna (Hari ke-2)



(foto dok. pribadi)

sampel	ulangan	S/kontrol			SB/kontrol			S/PE/1			SB/PE/1			SB/PP/1		
		L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	1	48,38	-6,38	10,37	43,78	-8,33	10,65	48,75	-8,95	15,05	44,94	-7,59	9,20	44,05	-8,79	10,50
	2	48,11	-5,19	7,81	46,33	-11,31	16,41	48,30	-5,92	-8,14	42,46	-6,99	7,66	43,61	-12,16	16,71
	3	50,15	-6,84	10,38	43,09	-8,27	10,83	46,90	-6,68	9,04	42,10	-7,64	9,18	44,75	-8,62	10,87
2	1	47,42	-5,81	8,28	44,31	-9,49	11,83	50,69	-7,43	10,12	45,20	-6,13	6,91	45,39	-9,56	14,61
	2	51,89	-5,78	8,45	42,69	-8,63	10,53	48,22	-9,23	14,93	43,40	-7,49	8,77	43,45	-8,16	13,02
	3	49,37	-5,17	7,34	44,84	-10,15	12,29	47,48	-6,76	8,96	44,50	-8,49	10,37	42,89	-8,91	13,36
3	1	47,53	-8,18	12,80	44,87	-11,32	15,13	49,95	-7,39	10,82	41,06	-7,46	10,45	46,33	-7,10	14,07
	2	49,95	-7,76	11,12	43,05	-10,04	13,22	46,35	-8,09	10,93	45,48	-7,05	10,96	43,65	-7,19	12,26
	3	49,91	-8,73	13,32	44,92	-9,60	12,11	48,03	-7,55	10,16	43,29	-9,50	12,85	45,26	-5,58	8,65
4	1	49,29	-6,38	10,42	41,40	-10,34	13,10	44,15	-6,62	8,90	41,93	-8,73	10,17	47,32	-8,83	16,17
	2	47,17	-8,53	12,85	43,04	-11,33	14,59	47,62	-7,48	9,75	42,50	-7,14	8,38	41,82	-6,56	10,15
	3	48,14	-6,95	10,54	43,63	-10,15	12,56	46,46	-7,80	10,81	43,00	-10,66	13,52	43,34	-7,81	12,57
5	1	47,07	-6,50	10,23	41,65	-11,81	15,62	48,78	-6,80	8,96	44,56	-7,95	10,31	45,84	-8,50	10,76
	2	47,98	-6,54	9,88	44,25	-7,42	10,04	47,94	-6,46	8,74	44,36	-9,51	14,04	42,14	-9,77	13,63
	3	49,08	-7,41	11,29	45,69	-8,93	11,66	46,58	-7,41	10,23	42,53	-8,83	10,72	41,64	-8,85	13,19
rata2		48,763	-6,810	10,339	43,836	-9,808	12,705	47,747	-7,371	10,369	43,421	-8,077	10,233	44,099	-8,426	12,701
stdev		1,349	1,125	1,817	1,393	1,309	1,965	1,580	0,901	2,061	1,346	1,195	2,042	1,686	1,538	2,242

LAMPIRAN 4. Analisa SPSS

4.1. Vitamin C

Tests of Normality

gabungan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
vitamin_C segar,suhu ruang,H0	,268	9	,061	,910	9	,317
segar,suhu ruang,h1	,162	9	,200*	,935	9	,531
steam blanching,suhu ruang,h0	,187	9	,200*	,884	9	,172
steam blanching,suhu ref rigerator,h0	,232	9	,179	,768	9	,009
steam blanching,suhu ref rigerator,h-1	,221	9	,200*	,887	9	,185
steam blanching,suhu ref rigerator,h-3	,232	9	,176	,882	9	,163
steam blanching,suhu ref rigerator,h-6	,179	6	,200*	,962	6	,838
steam blanching,suhu ref rigerator,h-10	,197	6	,200*	,907	6	,415
steam blanching,suhu f reezer,h-0	,169	9	,200*	,931	9	,492
steam blanching,suhu f reezer,h-1	,185	9	,200*	,870	9	,122
steam blanching,suhu f reezer,h-3	,272	9	,054	,832	9	,047
steam blanching,suhu f reezer,h-6	,190	9	,200*	,927	9	,451
steam blanching,suhu f reezer,h-10	,185	9	,200*	,897	9	,236
steam blanching,suhu f reezer,h-14	,177	9	,200*	,913	9	,337

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ANOVA

ANOVA

vitamin_C

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	47,024	13	3,617	152,421	,000
Within Groups	2,516	106	,024		
Total	49,540	119			

POST HOC TEST

vitamin_C

Duncan^{a,b}

gabungan	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
steam blanching, suhu ref rigerator, h-6	6	,7133					
steam blanching, suhu ref rigerator, h-10	6	,7583					
steam blanching, suhu ref rigerator, h-3	9	,8033					
steam blanching, suhu ref rigerator, h-1	9		1,3578				
steam blanching, suhu f reezer, h-14	9		1,3722	1,3722			
steam blanching, suhu f reezer, h-10	9		1,4756	1,4756			
steam blanching, suhu ref rigerator, h0	9		1,4822	1,4822	1,4822		
steam blanching, suhu f reezer, h-1	9		1,4878	1,4878	1,4878		
steam blanching, suhu ruang, h0	9		1,4878	1,4878	1,4878		
steam blanching, suhu f reezer, h-6	9		1,5000	1,5000	1,5000		
steam blanching, suhu f reezer, h-0	9			1,5389	1,5389		
steam blanching, suhu f reezer, h-3	9				1,6489		
segar, suhu ruang, h1	9					1,9067	
segar, suhu ruang, H0	9						3,4367
Sig.		,263	,106	,057	,053	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,400.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

4.2. Aktivitas Antioksidan

Tests of Normality

gabungan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
aktivitas_antioksidan segar,suhu ruang,H0	,219	9	,200*	,915	9	,355
segar,suhu ruang,h1	,263	9	,072	,699	9	,001
steam blanching,suhu ruang,h0	,217	9	,200*	,928	9	,463
steam blanching,suhu ref rigerator,h0	,273	9	,052	,838	9	,054
steam blanching,suhu ref rigerator,h-1	,230	9	,184	,860	9	,096
steam blanching,suhu ref rigerator,h-3	,188	9	,200*	,951	9	,705
steam blanching,suhu ref rigerator,h-6	,158	6	,200*	,984	6	,970
steam blanching,suhu ref rigerator,h-10	,119	6	,200*	,993	6	,995
steam blanching,suhu f reezer,h-0	,220	9	,200*	,878	9	,151
steam blanching,suhu f reezer,h-1	,172	9	,200*	,934	9	,523
steam blanching,suhu f reezer,h-3	,264	9	,070	,818	9	,033
steam blanching,suhu f reezer,h-6	,216	9	,200*	,833	9	,048
steam blanching,suhu f reezer,h-10	,179	9	,200*	,911	9	,325
steam blanching,suhu f reezer,h-14	,191	9	,200*	,907	9	,295

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ANOVA

ANOVA

aktivitas_antioksidan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5481,525	13	421,656	75,640	,000
Within Groups	590,899	106	5,575		
Total	6072,423	119			

POST HOC TEST

aktivitas_antioksidan

Duncan^{a,b}

gabungan	N	Subset f or alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
steam blanching, suhu ref rigerator, h-3	9	12,4733					
steam blanching, suhu ref rigerator, h-10	6	12,7700					
steam blanching, suhu ref rigerator, h-6	6	13,0117					
steam blanching, suhu f reezer, h-14	9	13,3689	13,3689				
steam blanching, suhu f reezer, h-6	9	14,0767	14,0767				
steam blanching, suhu f reezer, h-3	9	14,1833	14,1833				
steam blanching, suhu f reezer, h-10	9	14,5744	14,5744				
steam blanching, suhu ref rigerator, h-1	9		15,8633	15,8633			
steam blanching, suhu f reezer, h-1	9			17,6633			
segar, suhu ruang, h1	9				24,9478		
steam blanching, suhu ruang, h0	9				27,1756	27,1756	
steam blanching, suhu ref rigerator, h0	9				27,3278	27,3278	
steam blanching, suhu f reezer, h-0	9					27,4356	
segar, suhu ruang, H0	9						31,8578
Sig.		,120	,055	,121	,052	,834	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,400.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

4.3. Kadar Air

Tests of Normality

gabungan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kadar_air segar,suhu ruang,H0	,191	9	,200*	,930	9	,481
segar,suhu ruang,h1	,203	9	,200*	,880	9	,156
steam blanching,suhu ruang,h0	,201	9	,200*	,889	9	,196
steam blanching,suhu ref rigerator,h0	,145	9	,200*	,930	9	,478
steam blanching,suhu ref rigerator,h-1	,157	9	,200*	,928	9	,467
steam blanching,suhu ref rigerator,h-3	,134	9	,200*	,957	9	,766
steam blanching,suhu ref rigerator,h-6	,321	6	,053	,805	6	,066
steam blanching,suhu ref rigerator,h-10	,307	6	,081	,788	6	,045
steam blanching,suhu f reezer,h-0	,192	9	,200*	,918	9	,377
steam blanching,suhu f reezer,h-1	,143	9	,200*	,982	9	,972
steam blanching,suhu f reezer,h-3	,206	9	,200*	,943	9	,615
steam blanching,suhu f reezer,h-6	,181	9	,200*	,932	9	,497
steam blanching,suhu f reezer,h-10	,196	9	,200*	,900	9	,253
steam blanching,suhu f reezer,h-14	,115	9	,200*	,980	9	,964

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ANOVA

ANOVA

kadar_air

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5,464	13	,420	3,294	,000
Within Groups	13,527	106	,128		
Total	18,991	119			

POST HOC TEST

kadar_air

Duncan^{a,b}

gabungan	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
segar,suhu ruang,H0	9	90,9056			
segar,suhu ruang,h1	9	90,9644	90,9644		
steam blanching,suhu f reezer,h-3	9	91,1911	91,1911	91,1911	
steam blanching,suhu ref rigerator,h-1	9		91,2911	91,2911	91,2911
steam blanching,suhu ref rigerator,h-3	9		91,3378	91,3378	91,3378
steam blanching,suhu f reezer,h-1	9			91,3644	91,3644
steam blanching,suhu f reezer,h-6	9			91,3978	91,3978
steam blanching,suhu f reezer,h-14	9			91,4067	91,4067
steam blanching,suhu f reezer,h-10	9			91,4733	91,4733
steam blanching,suhu ruang,h0	9			91,5311	91,5311
steam blanching,suhu f reezer,h-0	9			91,5356	91,5356
steam blanching,suhu ref rigerator,h0	9			91,5600	91,5600
steam blanching,suhu ref rigerator,h-10	6				91,6133
steam blanching,suhu ref rigerator,h-6	6				91,6367
Sig.		,125	,052	,078	,103

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,400.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

4.4. Tekstur

Tests of Normality

gabungan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
tekstur segar,H0	,156	15	,200*	,958	15	,653
segar,suhu ruang,H-1	,142	15	,200*	,952	15	,555
steam blanch,suhu ruang,H-0	,201	15	,103	,932	15	,290
steam blanch,suhu regf rigerator,H-0	,139	15	,200*	,970	15	,857
steam blanch,suhu ref rigerator,h-1	,115	15	,200*	,951	15	,541
steam blanch,suhu ref rigerator,h-3	,113	15	,200*	,949	15	,512
steam blanch,suhu ref rigerator,H-6	,189	10	,200*	,916	10	,326
steam blanch,suhu ref rigerator, h-10	,212	5	,200*	,916	5	,505
Steam blanch,suhu f reezer,H-0	,183	15	,187	,910	15	,135
steam blanch,suhu f reezer,h- 1	,114	15	,200*	,959	15	,673
steam blanch,suhu f reezer,h-3	,211	15	,070	,785	15	,002
steam blanch,suhu f reezer,h-6	,151	15	,200*	,926	15	,240
steam blanch,suhu f reezer,h-10	,197	15	,121	,862	15	,026
steam blanch,suhu f reezer,h-14	,147	15	,200*	,967	15	,810
steam blanch,suhu f reezer,h-0, thawing	,129	15	,200*	,941	15	,393
steam blanch,suhu f reezer,h-1, thawing	,130	15	,200*	,933	15	,306
steam blanch,suhu f reezer,h-3, thawing	,126	15	,200*	,948	15	,490
steam blanch,suhu f reezer,h-6, thawing	,191	15	,146	,956	15	,618
steam blanch,suhu f reezer,h-10, thawing	,167	15	,200*	,896	15	,082
Steam blanch,suhu f reezer,h-14, thawing	,132	15	,200*	,947	15	,483

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ANOVA

tekstur

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2E+008	19	13085652,74	9,493	,000
Within Groups	4E+008	265	1378402,439		
Total	6E+008	284			

POST HOC TEST

tekstur

Duncan^{a,b}

gabungan	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
segar,suhu ruang,H-1	15	8511,320				
steam blanch,suhu freezer,h-3,thawing	15	8626,260	8626,260			
steam blanch,suhu freezer,h-1,thawing	15	8650,213	8650,213			
steam blanch,suhu refrigerator,h-3	15	8651,220	8651,220			
steam blanch,suhu freezer,h-0,thawing	15	8670,947	8670,947			
steam blanch,suhu refrigerator,H-6	10	8951,950	8951,950			
steam blanch,suhu refrigerator,H-0	15	9062,420	9062,420			
steam blanch,suhu refrigerator,h-1	15	9101,720	9101,720			
Steam blanch,suhu freezer,H-0	15	9105,293	9105,293			
steam blanch,suhu freezer,h-10,thawing	15	9127,187	9127,187			
steam blanch,suhu ruang,H-0	15	9205,193	9205,193	9205,193		
Steam blanch,suhu freezer,h-14,thawing	15	9244,873	9244,873	9244,873		
steam blanch,suhu freezer,h-6,thawing	15	9321,540	9321,540	9321,540		
steam blanch,suhu refrigerator, h-10	5	9445,400	9445,400	9445,400		
steam blanch,suhu freezer,h-1	15		9632,033	9632,033		
segar,H0	15		9660,367	9660,367		
steam blanch,suhu freezer,h-3	15			10203,920	10203,920	
steam blanch,suhu freezer,h-10	15				11026,173	11026,173
steam blanch,suhu freezer,h-6	15					11182,113
steam blanch,suhu freezer,h-14	15					11947,011
Sig.		,096	,065	,058	,072	,056

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 13,333.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

4.5. Warna (L^* , a^* , b^* , ΔE , dan *chromaticity*)

Tests of Normality^{b,c,d,e,f,g}

gabungan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
L segar,H0	,166	15	,200*	,930	15	,268
segar,suhu ruang,H-1	,132	15	,200*	,976	15	,940
steam blanch,suhu ruang,H-0	,217	15	,056	,913	15	,150
steam blanch,suhu regf rigerator,H-0	,182	15	,193	,948	15	,495
steam blanch,suhu ref rigerator,h-1	,195	15	,129	,914	15	,157
steam blanch,suhu ref rigerator,h-3	,146	15	,200*	,937	15	,341
steam blanch,suhu ref rigerator,H-6	,102	10	,200*	,972	10	,908
steam blanch,suhu ref rigerator, h-10	,225	5	,200*	,946	5	,709
Steam blanch,suhu f reezer,H-0	,166	15	,200*	,960	15	,689
steam blanch,suhu f reezer,h-1	,104	15	,200*	,980	15	,972
steam blanch,suhu f reezer,h-3	,159	15	,200*	,896	15	,082
steam blanch,suhu f reezer,h-6	,111	15	,200*	,976	15	,933
steam blanch,suhu f reezer,h-10	,149	15	,200*	,945	15	,447
steam blanch,suhu f reezer,h-14	,167	15	,200*	,920	15	,195

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

b. There are no valid cases for L when gabungan = 15,000. Statistics cannot be computed for this level.

c. There are no valid cases for L when gabungan = 16,000. Statistics cannot be computed for this level.

d. There are no valid cases for L when gabungan = 17,000. Statistics cannot be computed for this level.

e. There are no valid cases for L when gabungan = 18,000. Statistics cannot be computed for this level.

f. There are no valid cases for L when gabungan = 19,000. Statistics cannot be computed for this level.

g. There are no valid cases for L when gabungan = 20,000. Statistics cannot be computed for this level.

ANOVA

L

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1508,432	13	116,033	20,735	,000
Within Groups	1012,863	181	5,596		
Total	2521,295	194			

POST HOC TEST

L

Duncan^{a,b}

gabungan	N	Subset for alpha = .05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
steam blanch,suhu ref rigerator, h-10	5	36,8480								
steam blanch,suhu f reezer,h- 14	15		38,9273							
steam blanch,suhu f reezer,h- 10	15		40,0233	40,0233						
steam blanch,suhu f reezer,h-3	15		40,3340	40,3340	40,3340					
steam blanch,suhu f reezer,h-6	15		40,4440	40,4440	40,4440					
steam blanch,suhu f reezer,h- 1	15			41,0800	41,0800	41,0800				
steam blanch,suhu ref rigerator,h-3	15				42,2067	42,2067	42,2067			
Steam blanch,suhu f reezer,H-0	15					42,8300	42,8300			
steam blanch,suhu ref rigerator,H-6	10					42,8680	42,8680			
steam blanch,suhu regf rigerator,H-0	15					42,8680	42,8680			
steam blanch,suhu ruang,H-0	15						43,5473			
steam blanch,suhu ref rigerator,h-1	15						43,7447			
segar,suhu ruang,H-1	15							46,0560		
segar,H0	15								49,1620	
Sig.		1,000	,143	,311	,069	,091	,157	1,000		1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,727.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Tests of Normality^{b,c,d,e,f,g}

gabungan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
a segar,H0	,151	15	,200*	,955	15	,609
segar,suhu ruang,H-1	,187	15	,165	,939	15	,366
steam blanch,suhu ruang,H-0	,203	15	,097	,949	15	,503
steam blanch,suhu ref rigerator,H-0	,112	15	,200*	,968	15	,830
steam blanch,suhu ref rigerator,h-1	,138	15	,200*	,941	15	,397
steam blanch,suhu ref rigerator,h-3	,138	15	,200*	,971	15	,871
steam blanch,suhu ref rigerator,H-6	,160	10	,200*	,909	10	,273
steam blanch,suhu ref rigerator, h-10	,274	5	,200*	,840	5	,166
Steam blanch,suhu freezer,H-0	,101	15	,200*	,979	15	,966
steam blanch,suhu freezer,h-1	,152	15	,200*	,953	15	,575
steam blanch,suhu freezer,h-3	,141	15	,200*	,921	15	,202
steam blanch,suhu freezer,h-6	,109	15	,200*	,958	15	,660
steam blanch,suhu freezer,h-10	,213	15	,067	,808	15	,005
steam blanch,suhu freezer,h-14	,112	15	,200*	,982	15	,983

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

b. There are no valid cases for a when gabungan = 15,000. Statistics cannot be computed for this level.

c. There are no valid cases for a when gabungan = 16,000. Statistics cannot be computed for this level.

d. There are no valid cases for a when gabungan = 17,000. Statistics cannot be computed for this level.

e. There are no valid cases for a when gabungan = 18,000. Statistics cannot be computed for this level.

f. There are no valid cases for a when gabungan = 19,000. Statistics cannot be computed for this level.

g. There are no valid cases for a when gabungan = 20,000. Statistics cannot be computed for this level.

ANOVA

a

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	509,293	13	39,176	14,206	,000
Within Groups	499,138	181	2,758		
Total	1008,431	194			

POST HOC TEST

a

Duncan^{a,b}

gabungan	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
steam blanch,suhu regf rigerator,H-0	15	-9,3920				
Steam blanch,suhu f reezer,H-0	15	-9,2813				
steam blanch,suhu ruang,H-0	15	-8,5193				
steam blanch,suhu ref rigerator,h-1	15	-8,1027	-8,1027			
steam blanch,suhu f reezer,h-1	15		-6,8973	-6,8973		
segar,H0	15			-6,3687	-6,3687	
steam blanch,suhu f reezer,h-10	15			-5,8893	-5,8893	
steam blanch,suhu f reezer,h-6	15			-5,8573	-5,8573	
steam blanch,suhu f reezer,h-3	15			-5,7060	-5,7060	
segar,suhu ruang,H-1	15				-5,3613	
steam blanch,suhu ref rigerator,h-3	15				-5,2973	
steam blanch,suhu f reezer,h-14	15				-5,2087	
steam blanch,suhu ref rigerator,H-6	10				-5,0280	
steam blanch,suhu ref rigerator, h-10	5					-3,0380
Sig.		,075	,069	,109	,084	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,727.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

b*

Tests of Normality^{b,c,d,e,f,g}

	gabungan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
b	segar,H0	,188	15	,159	,944	15	,432
	segar,suhu ruang,H-1	,215	15	,061	,890	15	,066
	steam blanch,suhu ruang,H-0	,196	15	,124	,864	15	,028
	steam blanch,suhu ref rigerator,H-0	,130	15	,200*	,957	15	,635
	steam blanch,suhu ref rigerator,h-1	,132	15	,200*	,969	15	,845
	steam blanch,suhu ref rigerator,h-3	,130	15	,200*	,967	15	,815
	steam blanch,suhu ref rigerator,H-6	,203	10	,200*	,896	10	,200
	steam blanch,suhu ref rigerator, h-10	,291	5	,192	,891	5	,363
	Steam blanch,suhu f reezer,H-0	,128	15	,200*	,964	15	,769
	steam blanch,suhu f reezer,h-1	,156	15	,200*	,937	15	,348
	steam blanch,suhu f reezer,h-3	,140	15	,200*	,957	15	,637
	steam blanch,suhu f reezer,h-6	,142	15	,200*	,929	15	,262
	steam blanch,suhu f reezer,h-10	,139	15	,200*	,954	15	,585
	steam blanch,suhu f reezer,h-14	,125	15	,200*	,951	15	,545

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

b. There are no valid cases for b when gabungan = 15,000. Statistics cannot be computed for this level.

c. There are no valid cases for b when gabungan = 16,000. Statistics cannot be computed for this level.

d. There are no valid cases for b when gabungan = 17,000. Statistics cannot be computed for this level.

e. There are no valid cases for b when gabungan = 18,000. Statistics cannot be computed for this level.

f. There are no valid cases for b when gabungan = 19,000. Statistics cannot be computed for this level.

g. There are no valid cases for b when gabungan = 20,000. Statistics cannot be computed for this level.

ANOVA

b

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	715,789	13	55,061	18,550	,000
Within Groups	537,250	181	2,968		
Total	1253,039	194			

POST HOC TEST

b

Duncan^{a,b}

gabungan	N	Subset for alpha = .05						
		1	2	3	4	5	6	7
steam blanch,suhu freezer,h-14	15	6,3100						
steam blanch,suhu freezer,h-10	15	6,4173						
steam blanch,suhu freezer,h-3	15	7,2613	7,2613					
steam blanch,suhu freezer,h-6	15	7,3073	7,3073					
steam blanch,suhu ref rigerator, h-10	5	7,6400	7,6400	7,6400				
steam blanch,suhu freezer,h-1	15		7,9287	7,9287	7,9287			
segar,suhu ruang,H-1	15			8,9780	8,9780	8,9780		
segar,H0	15				9,1760	9,1760		
steam blanch,suhu ruang,H-0	15					10,2500	10,2500	
Steam blanch,suhu freezer,H-0	15						10,7253	10,7253
steam blanch,suhu regf rigerator,H-0	15						10,9740	10,9740
steam blanch,suhu ref rigerator,h-3	15						11,1007	11,1007
steam blanch,suhu ref rigerator,H-6	10							11,7830
steam blanch,suhu ref rigerator,h-1	15							11,8887
Sig.		,084	,381	,065	,086	,079	,262	,133

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,727.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

ΔE Tests of Normality^{b,c,d,e,f,g,h,i,j,k}

gabungan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
delta_E segar,suhu ruang,H-1	,147	15	,200*	,949	15	,506
steam blanch,suhu ref rigerator,h-1	,139	15	,200*	,969	15	,843
steam blanch,suhu ref rigerator,h-3	,154	15	,200*	,960	15	,686
steam blanch,suhu ref rigerator,H-6	,197	10	,200*	,940	10	,553
steam blanch,suhu ref rigerator, h-10	,162	5	,200*	,981	5	,938
steam blanch,suhu f reezer,h-1	,204	15	,094	,914	15	,157
steam blanch,suhu f reezer,h-3	,191	15	,147	,924	15	,224
steam blanch,suhu f reezer,h-6	,145	15	,200*	,909	15	,131
steam blanch,suhu f reezer,h-10	,139	15	,200*	,942	15	,410
steam blanch,suhu f reezer,h-14	,167	15	,200*	,929	15	,264

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

b. There are no valid cases for delta_E when gabungan = 1,000. Statistics cannot be computed for this level.

c. There are no valid cases for delta_E when gabungan = 3,000. Statistics cannot be computed for this level.

d. There are no valid cases for delta_E when gabungan = 4,000. Statistics cannot be computed for this level.

e. There are no valid cases for delta_E when gabungan = 9,000. Statistics cannot be computed for this level.

f. There are no valid cases for delta_E when gabungan = 15,000. Statistics cannot be computed for this level.

g. There are no valid cases for delta_E when gabungan = 16,000. Statistics cannot be computed for this level.

h. There are no valid cases for delta_E when gabungan = 17,000. Statistics cannot be computed for this level.

i. There are no valid cases for delta_E when gabungan = 18,000. Statistics cannot be computed for this level.

j. There are no valid cases for delta_E when gabungan = 19,000. Statistics cannot be computed for this level.

k. There are no valid cases for delta_E when gabungan = 20,000. Statistics cannot be computed for this level.

ANOVA

delta_E

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	372,293	9	41,366	8,781	,000
Within Groups	588,851	125	4,711		
Total	961,144	134			

POST HOC TEST

delta_E

Duncan^{a,b}

gabungan	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
steam blanch,suhu ref rigerator,h-1	15	4,1527				
segar,suhu ruang,H-1	15	4,7487	4,7487			
steam blanch,suhu f reezer,h-1	15	5,5933	5,5933	5,5933		
steam blanch,suhu ref rigerator,h-3	15	5,6353	5,6353	5,6353		
steam blanch,suhu ref rigerator,H-6	10		6,4530	6,4530	6,4530	
steam blanch,suhu f reezer,h-6	15			7,1080	7,1080	
steam blanch,suhu f reezer,h-3	15			7,1740	7,1740	
steam blanch,suhu f reezer,h-14	15				7,8540	
steam blanch,suhu f reezer,h-10	15				8,0147	
steam blanch,suhu ref rigerator, h-10	5					11,9000
Sig.		,130	,081	,115	,120	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

*Chromaticity***Tests of Normality^{b,c,d,e,f,g}**

	gabungan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
chroma	segar,H0	,093	15	,200*	,974	15	,908
	segar,suhu ruang,H-1	,135	15	,200*	,901	15	,099
	steam blanch,suhu ruang,H-0	,144	15	,200*	,917	15	,171
	steam blanch,suhu regf rigerator,H-0	,153	15	,200*	,955	15	,612
	steam blanch,suhu ref rigerator,h-1	,153	15	,200*	,974	15	,907
	steam blanch,suhu ref rigerator,h-3	,113	15	,200*	,958	15	,650
	steam blanch,suhu ref rigerator,H-6	,140	10	,200*	,966	10	,849
	steam blanch,suhu ref rigerator, h-10	,188	5	,200*	,968	5	,859
	Steam blanch,suhu f reezer,H-0	,139	15	,200*	,947	15	,478
	steam blanch,suhu f reezer,h-1	,171	15	,200*	,919	15	,187
	steam blanch,suhu f reezer,h-3	,117	15	,200*	,952	15	,556
	steam blanch,suhu f reezer,h-6	,149	15	,200*	,947	15	,483
	steam blanch,suhu f reezer,h-10	,161	15	,200*	,841	15	,013
	steam blanch,suhu f reezer,h-14	,121	15	,200*	,963	15	,752

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

b. There are no valid cases for chroma when gabungan = 15,000. Statistics cannot be computed for this level.

c. There are no valid cases for chroma when gabungan = 16,000. Statistics cannot be computed for this level.

d. There are no valid cases for chroma when gabungan = 17,000. Statistics cannot be computed for this level.

e. There are no valid cases for chroma when gabungan = 18,000. Statistics cannot be computed for this level.

f. There are no valid cases for chroma when gabungan = 19,000. Statistics cannot be computed for this level.

g. There are no valid cases for chroma when gabungan = 20,000. Statistics cannot be computed for this level.

ANOVA

chroma

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	873,182	13	67,168	12,916	,000
Within Groups	941,249	181	5,200		
Total	1814,432	194			

POST HOC TEST

chroma

Duncan^{a,b}

gabungan	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
steam blanch,suhu freezer,h-14	15	8,1953				
steam blanch,suhu ref rigerator, h-10	5	8,2720				
steam blanch,suhu freezer,h-10	15	8,9160	8,9160			
steam blanch,suhu freezer,h-3	15	9,2527	9,2527	9,2527		
steam blanch,suhu freezer,h-6	15	9,3793	9,3793	9,3793		
segar,suhu ruang,H-1	15		10,4907	10,4907		
steam blanch,suhu freezer,h-1	15		10,5347	10,5347		
segar,H0	15			11,1827	11,1827	
steam blanch,suhu ref rigerator,h-3	15				12,6327	12,6327
steam blanch,suhu ref rigerator,H-6	10				12,9070	12,9070
Steam blanch,suhu freezer,H-0	15				13,0127	13,0127
steam blanch,suhu ruang,H-0	15					13,3400
steam blanch,suhu ref rigerator,h-1	15					14,4240
steam blanch,suhu ref rigerator,H-0	15					14,5180
Sig.		,251	,113	,057	,065	,069


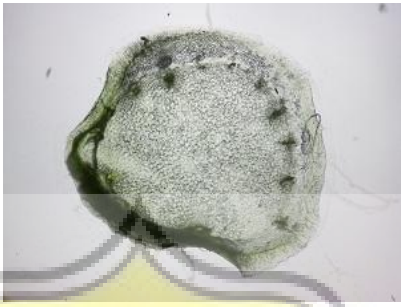

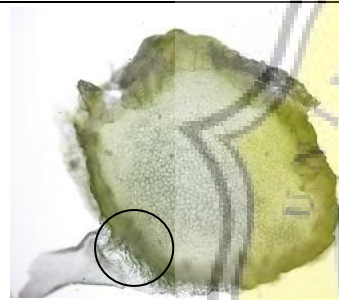
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,727.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

LAMPIRAN 5. Foto Jaringan Sel Brokoli Selama Penyimpanan

1. Brokoli Segar, Penyimpanan Suhu Ruang

a. Perbesaran 4 x 10





H0	H1	H3
		
H6	H10	H14
	Sampel Rusak	Sampel Rusak

(foto dok. pribadi)

Keterangan :

Gambar yang dilingkari menunjukkan bagian jaringan sel brokoli yang mengalami kerusakan yang ditandai dengan melunaknya jaringan sel selama penyimpanan.

b. Perbesaran 10 x 10 (bagian tepi)

H0	H1	H3
		
H6	H10	H14
	Sampel Rusak	Sampel Rusak



Keterangan :

Gambar yang dilingkari menunjukkan bagian jaringan sel brokoli yang mengalami kerusakan yang ditandai dengan melunaknya jaringan sel selama penyimpanan.

(foto dok. pribadi)

2. Brokoli *Steam Blanched*, Penyimpanan Suhu Ruang

a. Perbesaran 4 x 10


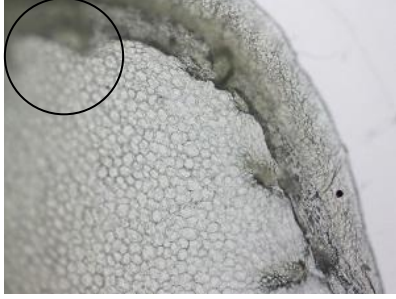
H0	H1	H3
		Sampel Rusak
H6	H10	H14
Sampel Rusak	Sampel Rusak	Sampel Rusak

Keterangan :

Gambar yang dilingkari menunjukkan bagian jaringan sel brokoli yang mengalami kerusakan yang ditandai dengan melunaknya jaringan sel selama penyimpanan.

(foto dok. pribadi)

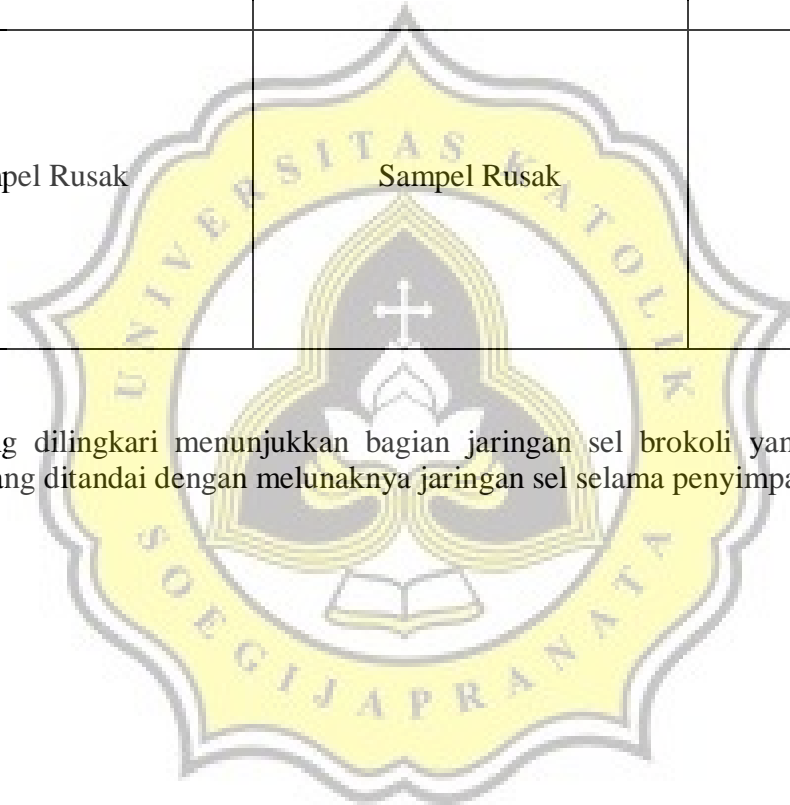
b. Perbesaran 10 x 10 (bagian tepi)

H0	H1	H3
		Sampel Rusak
H6	H10	H14
Sampel Rusak	Sampel Rusak	Sampel Rusak

Keterangan :

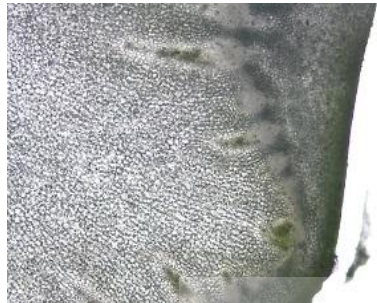
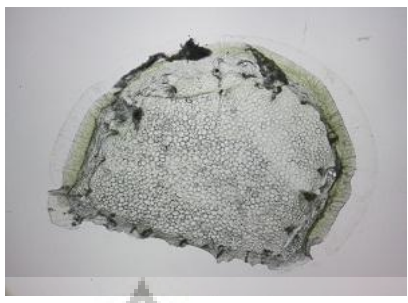
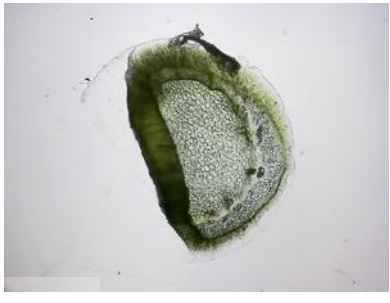
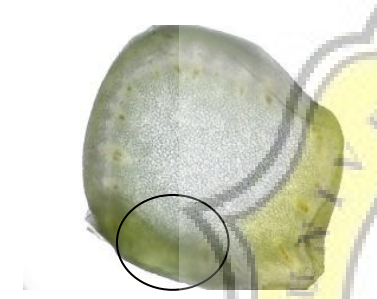

Gambar yang dilingkari menunjukkan bagian jaringan sel brokoli yang mengalami kerusakan yang ditandai dengan melunaknya jaringan sel selama penyimpanan.

(foto dok. pribadi)



3. Brokoli *Steam Blanched*, Penyimpanan Suhu Refrigerator

a. Perbesaran 4 x 10


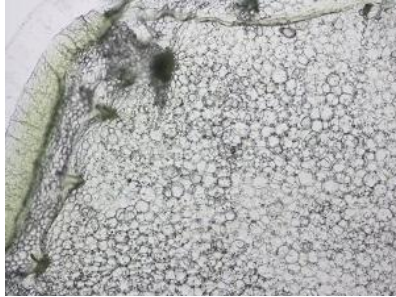
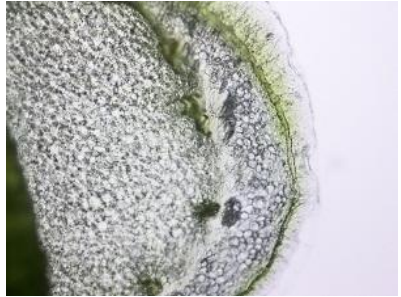


H0	H1	H3
		
H6	H10	H14
		Sampel Rusak

(foto dok. pribadi)

Keterangan :

Gambar yang dilingkari menunjukkan bagian jaringan sel brokoli yang mengalami kerusakan yang ditandai dengan melunaknya jaringan sel selama penyimpanan.

b. Perbesaran 10 x 10 (bagian tepi)

H0	H1	H3
		
H6	H10	H14
		Sampel Rusak

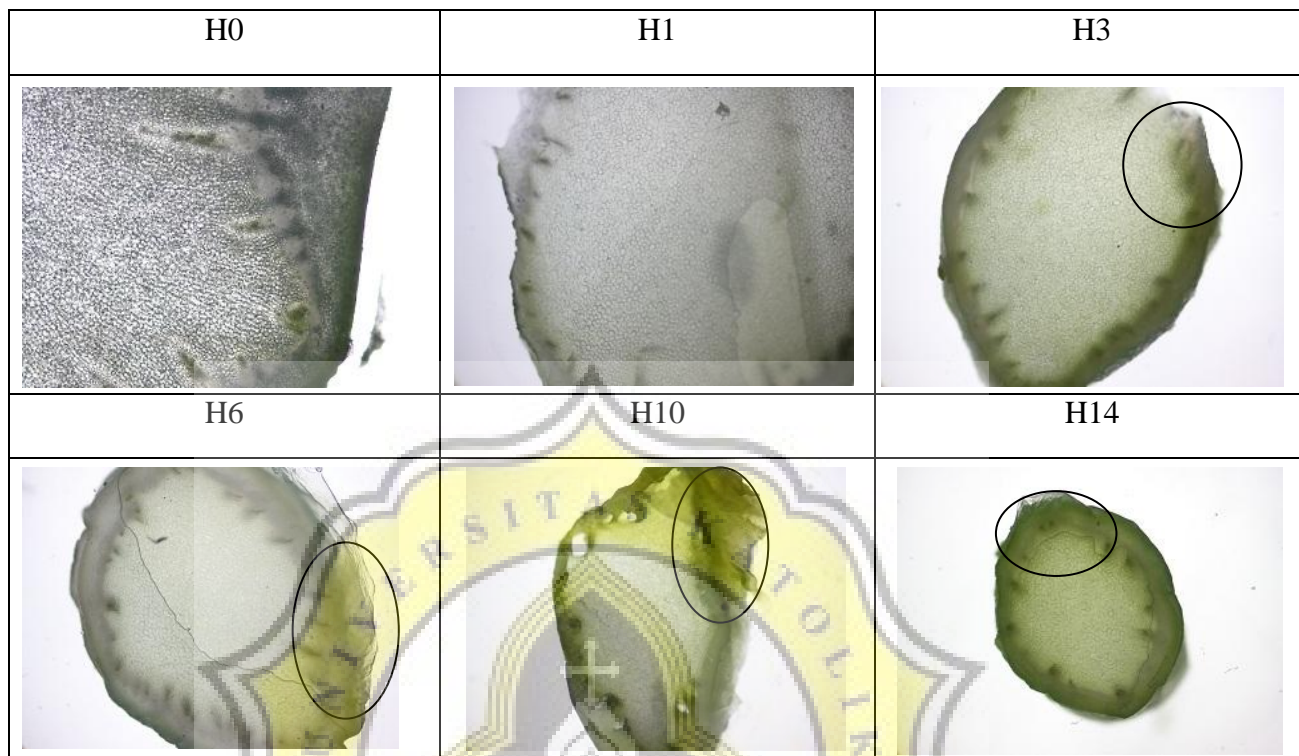
Keterangan :

Gambar yang dilingkari menunjukkan bagian jaringan sel brokoli yang mengalami kerusakan yang ditandai dengan melunaknya jaringan sel selama penyimpanan.

(foto dok. pribadi)

4. Brokoli *Steam Blanched*, Penyimpanan Suhu *Freezer*

a. Perbesaran 4 x 10

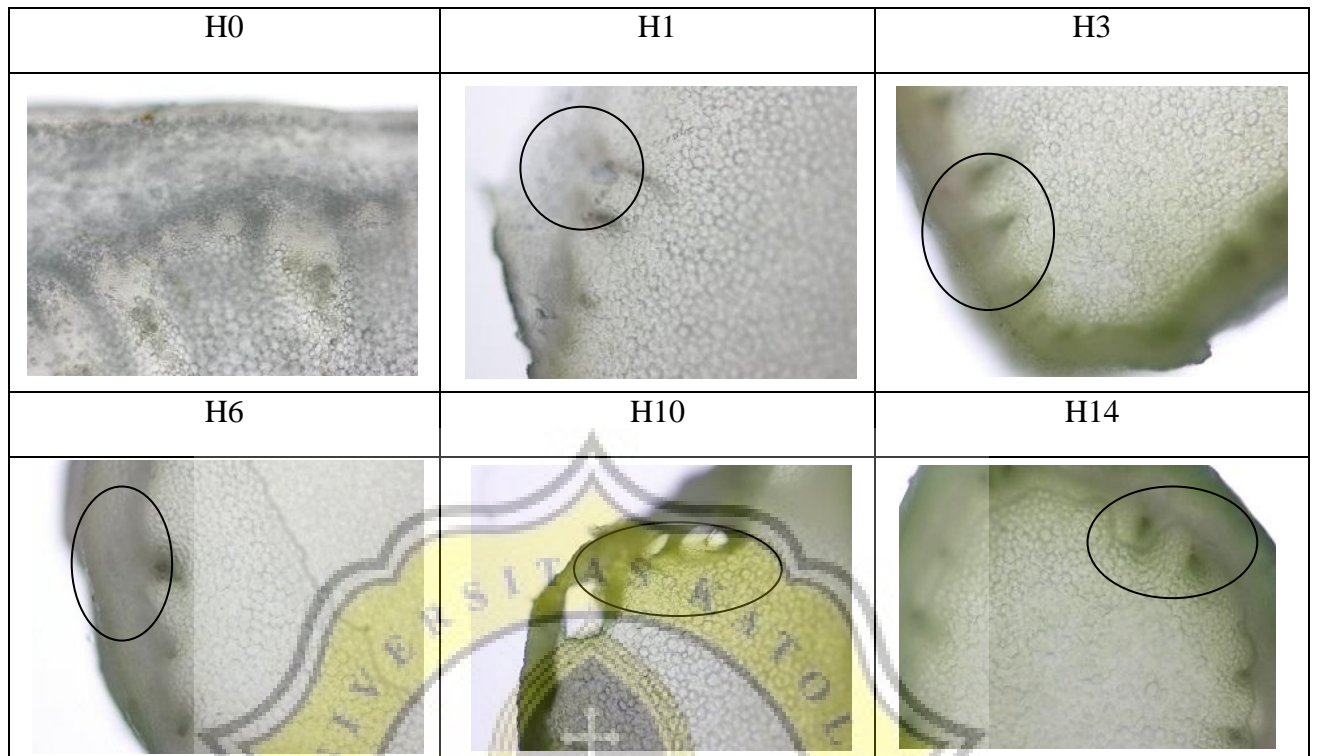


(foto dok. pribadi)

Keterangan :

Gambar yang dilingkari menunjukkan bagian jaringan sel brokoli yang mengalami kerusakan yang ditandai dengan melunaknya jaringan sel selama penyimpanan.

b. Perbesaran 10 x 10 (bagian tepi)



Keterangan :

Gambar yang dilingkari menunjukkan bagian jaringan sel brokoli yang mengalami kerusakan yang ditandai dengan melunaknya jaringan sel.

(foto dok. pribadi)

LAMPIRAN 6. Foto Brokoli Selama Penyimpanan

Hari 0



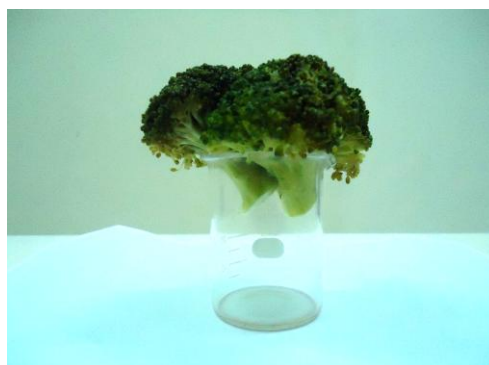
Gambar. Brokoli Segar Hari pertama (h0)



Gambar. Brokoli *Steam Blanched* Hari pertama (h0)



Gambar. Brokoli Segar Hari kedua (h1)



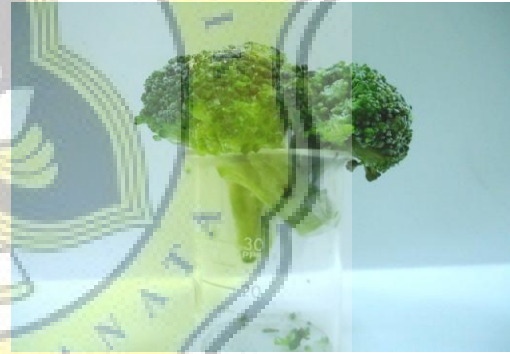
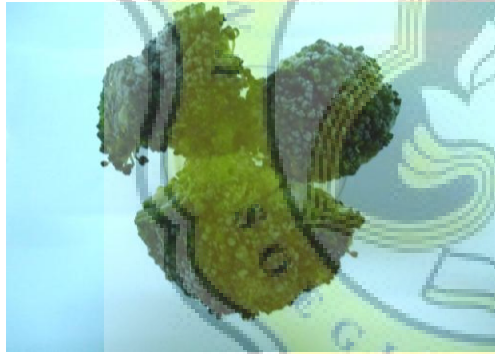
Gambar. Brokoli *Steam Blanched*, Suhu *Refrigerator*, Hari kedua (h1)



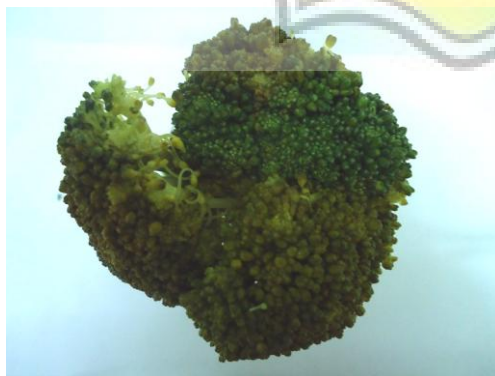
Gambar. Brokoli *Steam Blanched*, Suhu *Freezer*, hari kedua (h1)



Gambar. Brokoli *Steam Blanched*, Suhu *Refrigerator*, hari keempat (h3)



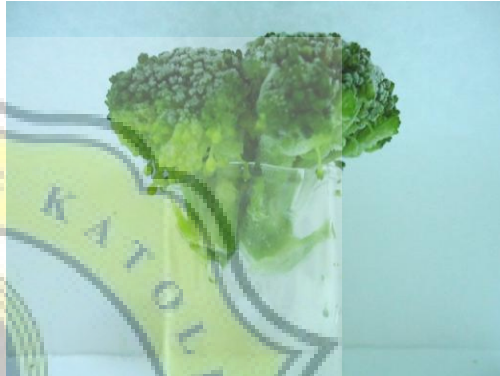
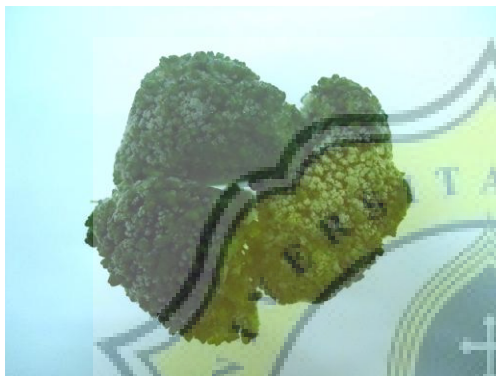
Gambar. Brokoli *Steam Blanched*, Suhu *Freezer*, hari keempat (h3)



Gambar. Brokoli *Steam Blanched*, Suhu *Refrigerator*, hari ketujuh (h3)



Gambar. Brokoli *Steam Blanched*, Suhu *Freezer*, hari ketujuh (h6)



Gambar. Brokoli *Steam Blanched*, Suhu *Freezer*, hari kesebelas (h10)



Gambar. Brokoli *Steam Blanched*, Suhu *Freezer*, hari kelima belas (h14)

(foto dok. pribadi)