

Precooling dan Konsentrasi Etilen dalam Degreening untuk Membentuk Warna Jingga Kulit Buah Jeruk Siam (Precooling and Etilen Concentration at Degreening to Generate Orange Color of Tangerine Peels)

Arzam, TS¹⁾, Hidayati, I¹⁾, Poerwanto, R¹⁾, Purwanto, YA²⁾

¹⁾Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jln. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

²⁾Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680
E-mail: roedhy8@yahoo.co.id

Naskah diterima tanggal 24 Desember 2014 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 22 Mei 2015

ABSTRAK. *Degreening* pada buah jeruk tropika dataran rendah seringkali gagal menghasilkan buah jeruk berwarna jingga, tetapi kuning. Warna jingga terbentuk dari campuran dua pigmen kulit jeruk, yaitu β -cryptoxanthin (kuning) dan β -citraurin (kuning kemerahan). β -citraurin sering kali tidak terbentuk pada buah jeruk tropika dataran rendah karena pembentukannya terjadi apabila buah terpapar suhu rendah saat pertumbuhannya. *Precooling* buah jeruk tropika dataran rendah diharapkan dapat mendorong pembentukan β -citraurin karena jeruk yang sudah dipanen masih melakukan metabolisme. Konsentrasi etilen adalah salah satu faktor pembatas keberhasilan *degradasi* klorofil dalam *degreening*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *precooling* sebelum *degreening* dan konsentrasi etilen terbaik pada *degreening* buah jeruk siam. Buah dipetik di kebun jeruk rakyat di Jember dan perlakuan *degreening* dilaksanakan di Laboratorium Pascapanen, Pusat Kajian Hortikultura Tropika, Institut Pertanian Bogor pada bulan Februari 2014. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dua faktor. Faktor pertama adalah perlakuan *precooling* (dengan *precooling* dan tanpa *precooling*). Faktor kedua adalah konsentrasi etilen (0, 100, 200, 300 ppm). Perlakuan *degreening* buah jeruk siam asal Jember yang diawali dengan perlakuan *precooling* pada suhu 5°C menghasilkan jeruk berwarna jingga, sedangkan yang tanpa *precooling* menghasilkan warna kuning. Etilen 100 ppm adalah konsentrasi terbaik dalam *degradasi* klorofil. Perlakuan *precooling* dan *degreening* tidak berpengaruh buruk pada kandungan asam dan gula buah jeruk.

Katakunci: Degradasi klorofil; β -citraurin; β -cryptoxanthin; *Citrus color index*; Hue

ABSTRACT. *Degreening* on lowland tropical citrus fruits is often fail to generate orange color of citrus peel, but yellow. Orange color is generated by a mixture of two pigments of citrus peel, that are β -cryptoxanthin (yellow) and β -citraurin (reddish yellow). β -citraurin is not established oftenly in tropical citrus fruit grown in lowland because it is only established when the fruits are exposed to low temperatures during their growth. *Precooling* of lowland tropical citrus fruit is expected to encourage the formation of β -citraurin because the fruits still doing metabolism after harvested. Concentration of ethylene is one of the factors in the successfull of chlorophyll degradation in *degreening*. This study aimed to determine the affect of precooling before *degreening* and best ethylene concentration in *degreening* of tangerine citrus fruit. Citrus fruit was picked in citrus garden in Jember and *degreening* treatment was conducted in Postharvest Laboratory, Research Center for Tropical Horticulture, Bogor Agricultural University in February 2014. This study used a randomized block design with two factors. The first factor was treatment of precooling (with precooling and without precooling). The second factor was the concentration of ethylene (0, 100, 200, 300 ppm). Tangerine citrus fruit from Jember generating an orange color after *degreening* if its pre-cooled before *degreening*, while those without a precooling treatment were only generating a yellow color. Concentration of 100 ppm ethylene is the best in chlorophyll degradation of tangerine citrus peel from Jember. *Precooling* and *degreening* have not adversely affect on the acid and sugar content of citrus fruits.

Keywords: Chlorophyll degradation; β -citraurin; β -cryptoxanthin; *Citrus color index*; Hue

Jeruk merupakan buah yang sangat bergizi karena mengandung vitamin C dan fitonutrient seperti lycopene, β -cryptoxanthin, dan flavonoids yang bermanfaat untuk menunjang kesehatan manusia sebagai antioksidan, anti-angiogenesis, dan anti-kanker. Jeruk mempunyai potensi yang sangat besar dalam memberikan kontribusi yang tinggi terhadap pemenuhan kebutuhan gizi bagi masyarakat Indonesia, menjadi sumber pendapatan bagi petani, dan sumber devisa bagi negara.

Permintaan buah jeruk semakin meningkat sebagai akibat peningkatan jumlah penduduk, pendapatan dan kesadaran masyarakat akan nilai gizi, dan kesadaran kembali ke alam dengan mengonsumsi buah segar.

Namun, peningkatan ini justru menyebabkan Indonesia mengimpor jeruk segar dalam jumlah yang besar. Volume impor jeruk pada bulan Januari sampai Oktober 2013 telah mencapai 86 juta kg (Kementerian Pertanian 2013). Impor jeruk dari China meningkat tajam sejak diberlakukannya ASEAN-China Free Trade Agreement yang membebaskan bea masuk jeruk asal China.

Jeruk yang diimpor adalah jeruk yang berwarna jingga, sedangkan sebagian besar jeruk Indonesia berwarna hijau. Tingginya permintaan jeruk impor terjadi karena penampilan jeruk keprok yang berwarna jingga lebih menarik daripada jeruk siam yang berwarna hijau. Di sisi lain, ketersediaan jeruk keprok

Indonesia yang berwarna kuning-jingga sedikit dan tidak kontinyu. Usaha *degreening* jeruk yang sudah dilakukan oleh berbagai lembaga penelitian di Indonesia menghasilkan jeruk berwarna kuning yang kurang disukai konsumen karena dianggap hampir busuk. Di sisi lain jeruk berwarna jingga sangat disukai. Untuk itu perlu dikembangkan teknologi *degreening* yang mampu menjadikan jeruk tropika berwarna jingga.

Kulit buah jeruk siam dataran rendah tetap berwarna hijau atau hijau kekuningan meskipun telah matang. Teknik *degreening* yang telah berkembang belum mampu menjadikan kulit buah berwarna jingga, tetapi berwarna kuning. Penyebab kegagalan pembentukan warna jingga saat *degreening* di daerah tropis adalah karena pigmen β -*citaurin* yang merupakan penyebab warna merah tidak terbentuk, yang terbentuk hanya β -*cryptoxanthine* yang merupakan pigmen warna kuning (Kato *et al.* 2006, Fanciullino *et al.* 2008, Zhou *et al.* 2010). Warna kuning pada kulit jeruk terbentuk oleh β -*cryptoxanthine*, sedangkan warna jingga adalah campuran antara β -*cryptoxanthine* dengan β -*citaurine* (Stewart & Wheaton 1971, Rodrigo *et al.* 2013, Ma *et al.* 2013).

Menurut Jomori *et al.* (2010) dan Sdiri *et al.* (2012), perubahan warna kulit buah jeruk sangat dipengaruhi oleh suhu selama pertumbuhan buah. Iglesias *et al.* (2007) menyatakan bahwa suhu dingin berperan penting pada perubahan warna kulit buah jeruk saat proses pematangan agar menjadi jingga. Pada jeruk manis yang tumbuh di daerah tropis, kulit buah akan berubah dari hijau menjadi kuning atau kuning kehijauan saat buah matang, sedangkan buah jeruk di daerah subtropika akan menjadi jingga. β -*citaurin* sering kali tidak terbentuk pada buah jeruk tropika dataran rendah karena pembentukannya terjadi apabila buah terpapar suhu rendah saat pertumbuhannya. *Precooling* buah jeruk tropika dataran rendah diharapkan dapat mendorong pembentukan β -*citaurin* karena jeruk yang sudah dipanen masih melakukan metabolisme. Penelitian ini dilakukan dengan perlakuan *precooling* pada suhu 5°C selama 30 detik dan suhu jeruk dipertahankan 9–11°C selama 3 hari karena dianggap telah dapat menurunkan suhu buah secara cepat. Hal ini sejalan dengan penelitian Kumar *et al.* (2008) bahwa perlakuan *precooling* buah jeruk dan tomat pada kisaran suhu 4–5°C. Barry & Wyk (2005) melakukan perlakuan suhu rendah untuk menginduksi perubahan warna jeruk mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). Perlakuan suhu rendah diberikan pada suhu kurang 4°C dan dilanjutkan dengan penyimpanan suhu 20°C selama 72 jam. Perlakuan *precooling* tidak hanya untuk tujuan menurunkan suhu segera setelah panen,

tetapi juga sebagai pengganti suhu rendah yang tidak ditemukan saat buah masih di pohon.

Etilen adalah bahan yang telah lazim digunakan dalam *degreening* buah jeruk (McCornack 1971, Dou *et al.* 2004, Smilanick *et al.* 2006, Zhang & Timmer 2007, Rodrigo & Zacarias 2007, Zhou *et al.* 2010, Mayuoni *et al.* 2011, Peng *et al.* 2013). Konsentrasi etilen sangat menentukan keberhasilan *degreening* (Sdiri *et al.* 2012). Tidak tepatnya konsentrasi etilen saat *degreening* buah jeruk seringkali menyebabkan kegagalan dalam degradasi klorofil. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh perlakuan *precooling* sebelum *degreening* dan konsentrasi etilen yang tepat pada *degreening* jeruk siam agar menghasilkan kulit buah berwarna jingga. Hipotesis penelitian ini adalah perlakuan *precooling* sebelum *degreening* berpengaruh nyata dalam membentuk kulit jeruk berwarna jingga dan terdapat minimal satu konsentrasi etilen yang efektif dalam percobaan *degreening*.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2014. Buah dipetik dari kebun jeruk rakyat di Jember. Perlakuan *degreening* dilaksanakan di Laboratorium Pascapanen, Pusat Kajian Hortikultura Tropika, Institut Pertanian Bogor.

Penelitian menggunakan Rancangan acak kelompok yang terdiri atas dua faktor. Faktor pertama adalah perlakuan *precooling* (dengan *precooling* dan tanpa *precooling*). Faktor kedua, yaitu konsentrasi etilen yang terdiri atas empat taraf perlakuan (0, 100, 200, dan 300 ppm) dengan tiga kali ulangan. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (*analysis of variance*) pada taraf nyata 5%, hasil yang menunjukkan ada pengaruh nyata diuji lanjut dengan *Duncan multiple range test* (DMRT) pada taraf 5%.

Jeruk yang dipanen di kebun rakyat dibagi menjadi dua bagian. Satu bagian tanpa dilakukan *precooling* (400 buah) dan satu bagian dilakukan *precooling* (400 buah). Jeruk tanpa perlakuan *precooling* langsung dimasukkan dalam kardus buah untuk pengiriman. Jeruk dengan perlakuan *precooling* dicelupkan ke dalam air es dengan suhu 5°C selama 30 detik.

Selama perjalanan ke Bogor yang ditempuh dalam 3 hari, buah dengan perlakuan *precooling* dipertahankan pada suhu rendah (9–11°C) dengan cara memasukkannya ke dalam kotak berbahan gabus yang telah diisi dengan bongkahan es yang telah diberi garam dengan perbandingan 10:1. Diupayakan agar es tidak bersentuhan langsung dengan buah jeruk, dengan

disekat gabus dan jeruk dibungkus dengan plastik. Saat tiba di laboratorium, jeruk disortir kembali sebelum dilakukan perlakuan *degreening*.







Perlakuan *degreening* dilakukan di laboratorium dengan cara jeruk dimasukkan dalam wadah *degreening* masing-masing sebanyak 28 buah jeruk. Volume wadah telah diketahui sebesar 9.300 ml, jumlah wadah yang digunakan sebanyak 24 buah (sesuai jumlah satuan percobaan). Volume jeruk diukur dengan menggunakan Hukum Archimedes untuk menentukan volume bebas dalam wadah. Wadah yang berisi jeruk tersebut ditutup rapat dan kedap udara. Etilen diinjeksi menggunakan *syringe* ukuran 5 ml dengan konsentrasi sesuai perlakuan. Kotak berisi buah jeruk lalu ditempatkan dalam *cooling chamber* pada suhu 20°C. Saat *degreening* berlangsung, kipas diaktifkan agar etilen menjangkau seluruh buah dalam wadah *degreening*. Setelah 24 jam, jeruk dikeluarkan dari *cooling chamber* untuk diamati.

Pengamatan dilakukan pada 0, 1, 4, 7, 10, 13, 16, dan 19 hari setelah jeruk dikeluarkan dari *cooling chamber*. Pengamatan kualitas yang diamati meliputi warna kulit buah, padatan terlarut total (PTT), dan kandungan asam. Perubahan kualitas warna kulit buah jeruk diukur dengan *Minolta color reader* CR-101865-105. Alat ini mempunyai sistem notasi warna *hunter* (sistem warna L, a, dan b). Notasi L* menyatakan parameter kecerahan (*lightness*) dengan nilai L* adalah 0 berarti

hitam dan 100 berarti putih. Notasi a* menyatakan warna kromatik campuran merah-hijau dengan nilai +a* (positif) dari 0 sampai +100 untuk warna merah dan nilai (negatif) dari 0 sampai -80 untuk warna hijau, sedangkan notasi b* menyatakan warna kromatik campuran biru-kuning dengan nilai +b* (positif) dari 0 sampai +70 untuk warna kuning dan nilai -b* (negatif) dari 0 sampai -70 untuk warna biru. Hasil pengukuran dinyatakan dalam *citrus color index* (CCI) = 1.000xa/L.b (Jimenez-Cuesta et al. 1981). *Range citrus color index* (CCI) : CCI ≤ -5 (hijau gelap), -5 < CCI ≤ 0 (hijau), 0 < CCI ≤ 3 (hijau kekuningan), 3 < CCI ≤ 5 (kuning kehijauan), 5 < CCI ≤ 7 (jingga kekuningan), 7 < CCI ≤ 10 (jingga), dan CCI > 10 (jingga gelap). Hasil pengukuran nilai a* dan b*, juga dikonversikan ke dalam satuan kromatik derajat *Hue* = arctan (b/a) (Manera et al. 2012). Nilai °*Hue* mendeskripsikan warna murni dimana menunjukkan warna dominan dalam campuran beberapa warna.

Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan skoring warna (*visual matching*) sebagai pedoman warna buah jeruk yang diamati. Telah dikembangkan skoring warna jeruk dari hijau sampai dengan jingga dengan sistem warna yang terukur, yaitu nilai L*, a*, b*, dan CCI serta *Hue angle*. Skoring terdiri atas (1) warna hijau, (2) hijau kekuningan, (3) kuning kehijauan, (4) jingga kekuningan, (5) jingga cerah, dan (6) jingga tua (Tabel 1). Kelunakan buah diukur

Tabel 1. Pedoman deskripsi warna kulit buah jeruk berdasarkan skor, nilai L, a, b, CCI, dan Hue angle (Referrals citrus color description based on score, value of L, a, b, CCI, and Hue angle)

Skor warna (Color score)	Deskripsi warna (Color description)	L*	a*	b*	CCI	Hue
	6 Jingga tua (Dark orange)	52,4	25,2	40,0	12,0	57,8
	5 Jingga cerah (Light orange)	52,9	22,8	42,1	10,2	61,6
	4 Jingga kekuningan (Yellowish orange)	50,5	14,1	42,6	6,6	71,7
	3 Kuning (Yellow)	50,2	10,9	39,8	5,5	74,4
	2 Hijau kekuningan (Yellowish green)	42,4	-0,8	24,2	-0,8	91,9
	1 Hijau (Green)	41,5	-1,9	22,6	-2,0	94,8

Keterangan : Skor : 1 = jeruk siam, 2 = jeruk keprok, 3 = jeruk Berastagi, 4 = Ponkan, 5 = Sweet orange, 6 = Murcot Mandarin, *citrus color index* (CCI) = 1.000,a/L,b (Jimenez-Cueata et al. 1981) dan *Hue* = arctan (b/a) (Manera et al. 2012), (1=Tangerine citrus, 2=Indonesian Mandarin, 3= Berastagi citrus, 4 = Ponkan, 5 = Sweet orange, 6 = Murcot Mandarin, *citrus color index* (CCI) = 1,000,a/L,b (Jimenez-Cueata et al. 1981) dan *Hue* = arctan (b/a) (Manera et al. 2012))

menggunakan *penetrometer*. Pengukuran PTT menggunakan *refractometer*. Kandungan asam diukur dengan metode titrasi dengan 0,1 N NaOH.

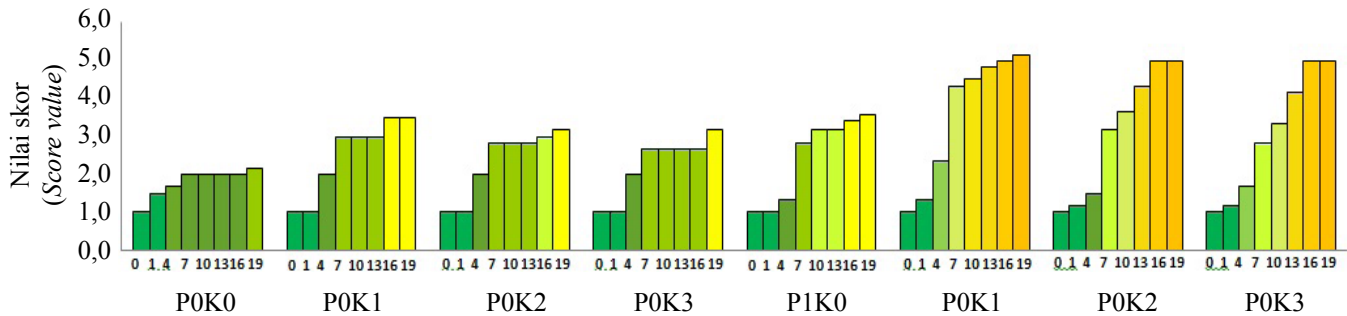
HASIL DAN PEMBAHASAN

Skor Warna

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode skoring yang dikembangkan menunjukkan hasil yang sesuai dengan hasil pengukuran tiga parameter warna (L, a, dan b) menggunakan *Minolta color reader CR-101865-105* yang kemudian dihitung menjadi *citrus color index* dan *Hue angle*. Tidak banyak institusi penelitian yang memiliki alat pengukur warna ini, karena alat ini cukup mahal. Sebagai alternatif dalam pengukuran warna biasanya peneliti membandingkan warna obyek yang ingin diketahui dengan *Munsell color chart*. Namun, penggunaan *chart* ini untuk membandingkan warna kulit buah jeruk kurang tepat,

karena gradasi warna *chart* tersebut pada perubahan dari hijau ke kuning dan jingga tidak sesuai dengan warna kulit jeruk. Oleh karena itu metode skoring dengan *citrus color chart* yang kami kembangkan ini akan menjadi alternatif karena murah dan akurat dalam penilaian warna buah jeruk. *Chart* yang kami kembangkan dengan mudah dapat dicetak pada percetakan yang baik agar akurasi warnanya tidak berubah. *Chart* tersebut akan mudah dibawa ke kebun jeruk atau ke gudang penyimpanan jeruk untuk membuat skor warna kulit jeruk dalam penelitian ataupun pengujian.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa perlakuan *degreening* buah jeruk siam asal Jember yang diawali dengan perlakuan *precooling* menghasilkan jeruk berwarna jingga, sedangkan perlakuan *degreening* tanpa diawali dengan perlakuan *precooling* hanya terbentuk warna kuning, dan kontrol hanya berwarna hijau (Gambar 1 dan 2). Pengamatan visual ini sesuai dengan data skor warna (Gambar 1). Jeruk yang



Gambar 1. Skor warna buah jeruk pada percobaan *degreening* pada berbagai konsentrasi etilen, P0= tanpa *precooling*, P1=*precooling*. K0= etilen 0 ppm, K1= etilen 100 ppm, K2 = etilen 200 ppm, dan K3= etilen 300 ppm 0, 1, 4, 7, 10, 13, 16, dan 19 hari setelah *degreening* (*Score of citrus fruit in degreening treatment at various ethylene concentrations*. P0 = without *precooling*, P1 = with *precooling*, K0 = ethylene 0 ppm, K1 = ethylene 100 ppm, K2 = ethylene 200 ppm, and K3 = ethylene 300 ppm 0, 1, 4, 7, 10, 13, 16, and 19 days after *degreening*)



Gambar 2. Warna kulit buah jeruk pada perlakuan *degreening* pada berbagai konsentrasi etilen dan perlakuan *precooling*. P1 = *precooling*, P0 = tanpa *precooling*, K0 = konsentrasi etilen 0 ppm, K1 = etilen 100 ppm, K2 = 200 ppm, dan K3= etilen 300 ppm (*Citrus peel color after degreening at various ethylene concentration and precooling tree*. P1 = *precooling*, P0 = without *precooling*. K0 = concentration of ethylene 0 ppm, K1 = ethylene 100 ppm, K2 = ethylene 200 ppm and K3 = ethylene 300 ppm)

mendapat perlakuan *precooling* mulai membentuk warna jingga (dengan nilai skor 4,3) pada 7 hari setelah dikeluarkan dari tempat *degreening*, tetapi warna jingga yang terbentuk tidak mencolok karena tertutupi oleh bercak klorofil. Warna jingga mencolok (skor 4,5) terjadi pada hari ke-10 pada perlakuan *degreening* dengan konsentrasi etilen 100 ppm yang diawali dengan *precooling* sebelum *degreening*. Pada konsentrasi etilen 200 dan 300 ppm, warna jingga sempurna baru terjadi pada hari ke-13.

Pada buah jeruk yang tidak mendapat perlakuan *precooling*, warna kulit buah tetap kuning dengan skor 3 sampai hari ke-19 pada semua konsentrasi etilen. Buah yang tanpa *precooling* maupun *degreening*, warnanya tetap hijau dengan skor 2,2, sedangkan buah yang diperlakukan dengan *precooling* tanpa *degreening* warna kulitnya menjadi kuning (skor 3,6) pada hari ke-19 (Gambar 2).

Dari hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa untuk membentuk warna jingga pada jeruk siam dengan *degreening* mutlak perlu diawali dengan *precooling*. Tanpa *precooling*, *degreening* jeruk siam hanya menghasilkan buah berwarna kuning atau kuning kejinggaan. Pada penelitian lain dari seri penelitian ini (belum dipublikasikan) diketahui bahwa pada jeruk keprok perlakuan *precooling* tidak mutlak diperlukan, karena tanpa *precooling* jeruk keprok Tejakula dataran rendah yang di-*degreening* bisa menghasilkan warna jingga. *Precooling* pada jeruk siam diperlukan karena sintesis β -*citaurin* nampaknya hanya berlangsung pada suhu rendah. Tanaman jeruk keprok yang tumbuh di dataran tinggi maupun di daerah *temperate* mampu menghasilkan buah berwarna jingga karena buah tersebut selama perkembangannya mendapat paparan suhu rendah musim gugur. Menurut Manera et al. (2012), buah jeruk saat masih di pohon, warna kulit buah mulai berubah pada suhu di bawah 15°C dan perubahan secara sempurna terjadi pada suhu di bawah 6°C. Jeruk Berastagi adalah jeruk siam yang dibudidayakan di dataran tinggi (>1.000 m dpl.) sehingga menghasilkan buah yang berbentuk *oblate*, berwarna kuning kejinggaan. Buah jeruk Soe berwarna jingga sempurna walaupun Kecamatan Soe di Nusa Tenggara Timur yang tidak terlalu tinggi elevasinya (<500 m dpl.) namun pada masa akhir pertumbuhan buah berhembus angin dingin dari Selatan (Australia).

Precooling adalah proses pendinginan buah segera setelah panen. Walaupun buah jeruk setelah dipanen kehilangan kontak dengan pohonnya, namun buah tersebut masih melakukan metabolisme (Rahi et al. 2013). Dengan perlakuan pendinginan ini diharapkan terjadi sintesis β -*citaurin* sehingga setelah *degreening* buah akan berwarna jingga. Hal tersebut terbukti

warna kulit jeruk siam berubah menjadi jingga apabila sebelum *degreening* diperlakukan *precooling*, sedangkan buah tanpa *precooling* hanya menghasilkan warna kuning setelah *degreening*. Penelitian ini belum membuktikan adanya sintesis β -*citaurin*, karena belum mendapatkan standar β -*citaurin* untuk analisis zat tersebut.

Pada penelitian ini, *degreening* dilakukan pada suhu 20°C selama 24 jam menggunakan etilen dengan konsentrasi 100, 200, dan 300 ppm. Suhu 20°C dan lama pemaparan 24 jam adalah suhu dan lama pemaparan terbaik untuk jeruk siam dan keprok berdasarkan hasil percobaan sebelumnya (belum dipublikasikan). Etilen pada ketiga konsentrasi tersebut mampu mendegradasi klorofil sehingga memunculkan warna kuning dan jingga dari β -*chriphoxantine* dan β -*citaurin*, yang membedakan ketiga konsentrasi ini adalah waktu mulai munculnya warna kuning atau jingga. Warna jingga atau kuning muncul terlebih dahulu pada perlakuan etilen 100 ppm, diikuti perlakuan etilen 200 dan 300 ppm.

Lambatnya degradasi klorofil diduga karena respirasi buah jeruk dengan perlakuan *degreening* menggunakan etilen pada konsentrasi 200 dan 300 ppm menjadi lebih tinggi sehingga melepaskan karbon dioksida (CO₂) lebih banyak. Wattimena (1988) menjelaskan bahwa CO₂ adalah zat penghambat kinerja etilen. Menurut Santoso & Purwoko (1995), pada buah nonklimaterik peningkatan respirasi dapat terjadi dengan peningkatan konsentrasi etilen yang diberikan. Karbon dioksida (CO₂) yang tinggi dapat menghambat pembentukan pigmen karotenoid pada buah jeruk.

Citrus Color Index (CCI)

Hasil pengukuran warna dengan notasi warna hunter (L, a, dan b) yang diikuti penghitungan warna kulit jeruk dengan CCI mengkonfirmasi pengamatan visual dan skoring. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara perlakuan *precooling* dan konsentrasi etilen dalam *degreening* terhadap perubahan nilai CCI warna kulit buah jeruk. Hasil uji DMRT nilai CCI ditampilkan pada Tabel 2. Buah jeruk yang diperlakukan dengan pendinginan awal (*precooling*) menghasilkan nilai CCI 5,04 di ekuator dan 3,46 di pangkal buah serta 6,55 di ujung buah pada hari ke-10 pasca *degreening*. Ini menunjukkan bahwa kulit buah jeruk tersebut sudah berubah menjadi jingga. Sebelum dilakukan *degreening*, nilai CCI hanya -3,21 di ujung buah, -3,18 di ekuator, dan -3,23 di pangkal buah. Nilai CCI buah yang tidak didinginkan hanya 3,91 di ujung buah, 3,61 di bagian ekuator, dan 3,54 di pangkal buah pada hari ke-19 (Tabel 2).

Perlakuan *degreening* dengan etilen pada konsentrasi 100 ppm terlihat lebih baik daripada konsentrasi 200

Tabel 2. Perubahan warna kulit buah jeruk setelah perlakuan *precooling* dan perlakuan *degreening* dengan berbagai konsentrasi etilen (*Change of citrus peels color (CCI value) after precooling and degreening treatment with various concentrations of ethylene*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Nilai CCI, HSP (<i>DAT</i>)						
	0	4	7	10	13	16	19
Ujung buah							
<i>Precooling</i>							
<i>Nonprecooling</i>	-2,66 a	1,29	2,90 b	3,07 b	3,23 b	3,55 b	3,91 b
<i>Precooling</i>	-3,21 b	0,71	5,53 a	6,55 a	6,93 a	7,38 a	7,71 a
Konsentrasi (<i>Concentration</i>), PPM							
0	-2,60	-0,30	3,00 c	3,55 c	3,86 c	4,47 c	4,66 c
100	-3,12	2,47	5,64 a	6,11 a	6,27 a	6,48 a	7,10 a
200	-3,05	0,95	4,23 b	4,92 b	5,29 b	5,51 b	6,02 b
300	-2,97	0,90	4,00 bc	4,65 b	4,92 b	5,42 b	5,48 bc
Ekuator							
<i>Precooling</i>							
<i>Nonprecooling</i>	-2,28 a	1,47 a	2,30 b	2,58 b	2,90 b	3,47 b	3,61 b
<i>Precooling</i>	-3,18 b	0,15 b	4,10 a	5,04 a	5,89 a	6,93 a	7,40 a
Konsentrasi (<i>Concentration</i>), PPM							
0	-2,53	0,19 b	2,17 b	2,57 b	3,04 b	4,13 c	4,50 c
100	-2,58	1,69 a	3,81 a	4,61 a	5,23 a	6,30 a	6,54 a
200	-2,52	1,15 ab	3,47 a	4,09 a	4,82 a	5,36 b	5,76 ab
300	-3,28	0,20 b	3,33 a	3,98 a	4,50 a	5,01 bc	5,20 bc
Pangkal buah							
<i>Precooling</i>							
<i>Nonprecooling</i> (<i>Concentration</i>), PPM	-2,90	0,78	1,41 b	2,01 b	2,52 b	3,03 b	3,54 b
<i>Precooling</i>	-3,23	1,14	2,18 a	3,46 a	4,49 a	5,18 a	6,14 a
Konsentrasi (<i>Concentration</i>)							
0	-2,93	-0,41 c	1,18 b	1,78 b	2,57 b	3,07 b	3,66 b
100	-2,97	1,64 a	1,99 a	3,13 a	3,96 a	4,87 a	5,60 a
200	-2,87	0,68 a	1,99 a	3,07 a	3,86 a	4,41 a	5,35 a
300	-3,49	1,23 b	2,00 a	2,97 a	3,63 a	4,07 a	4,77 a

Angka rerata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5% (*Average number in the same column is not significant different in DMRT in = 5 %*). HSP = Hari setelah perlakuan, DAT = *Days after treatments*

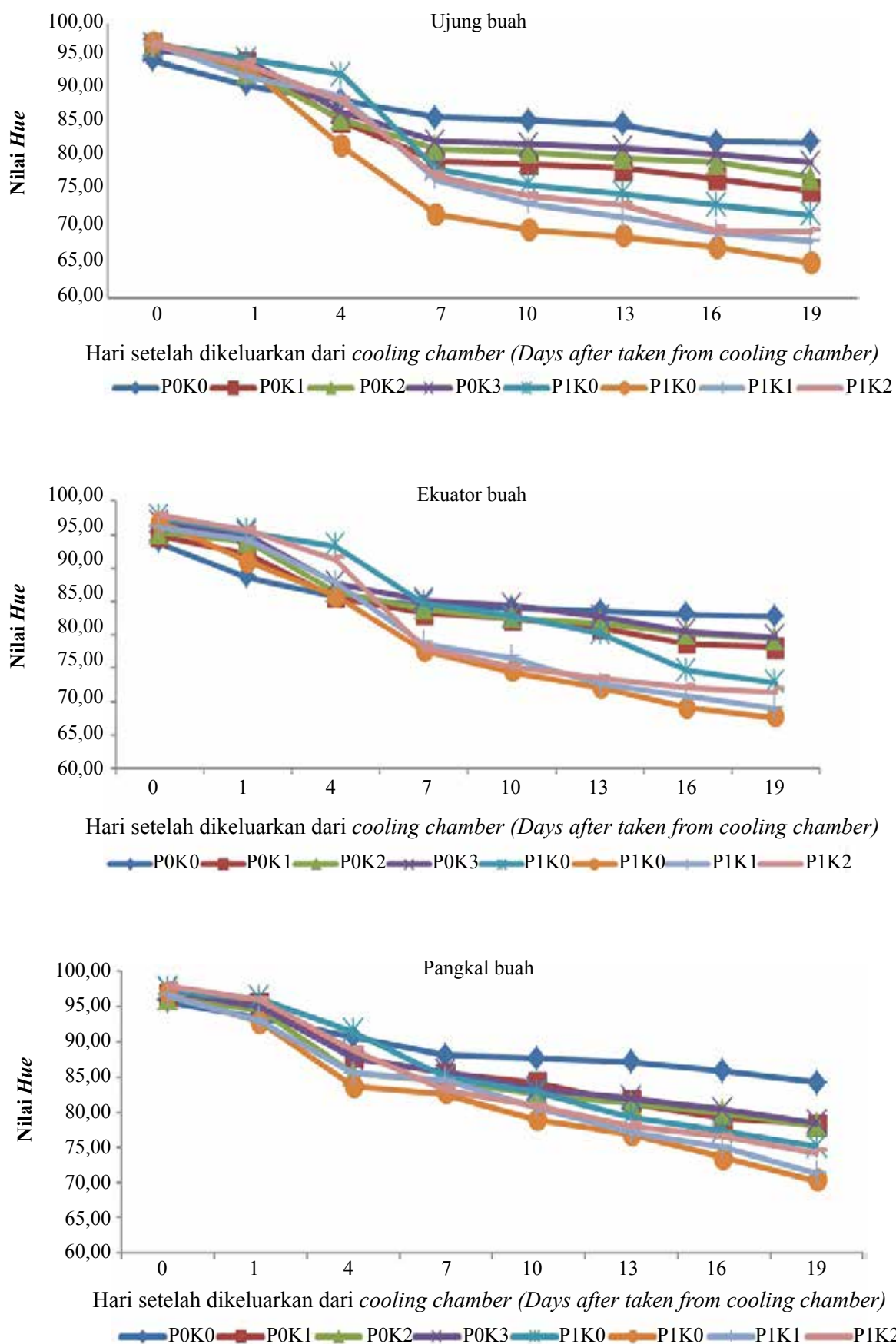
dan 300 ppm dalam mendegradasi klorofil (Tabel 2). Nilai CCI pada *degreening* dengan etilen pada konsentrasi 100 ppm sebesar 6,11 di ujung buah, 4,62 di bagian ekuator, dan 3,13 di pangkal buah pada pengamatan 10 hari setelah *degreening*, sedangkan *degreening* dengan etilen pada konsentrasi 200 ppm nilai CCI nya 4,92 dan pada konsentrasi 300 ppm nilai CCI nya sebesar 4,65 di ujung buah.

Perubahan Nilai Hue Angle (h_{ab})

Hue angle menurun pada semua perlakuan yang menunjukkan adanya perubahan warna dominan dari warna hijau menjadi jingga pada perlakuan *precooling* yang diikuti *degreening* dengan konsentrasi etilen 100

ppm. Perubahan *Hue angle* pada perlakuan kontrol (tanpa *precooling* dan tanpa *degreening*) sangat kecil, ini berarti warna dominan dari kulit buah jeruk tersebut tetap hijau. Buah dengan perlakuan *degreening* tanpa *precooling* juga mengalami penurunan *Hue angle*, namun penurunannya tidak setajam perlakuan *degreening* yang diawali dengan *precooling* (Gambar 3).

Buah yang mengalami perlakuan *degreening* dengan etilen pada konsentrasi 100 ppm yang diawali dengan perlakuan *precooling*, warna ujung buah mengarah ke warna jingga pada 10 hari setelah proses *degreening* dengan nilai *Hue angle* 69,9, meskipun



Gambar 3. Pola perubahan nilai Hue warna kulit buah jeruk siam asal Jember pada perlakuan *degreening* dengan berbagai konsentrasi etilen dan perlakuan *precooling* (The pattern of changes the Hue value of Tangerine citrus color from Jember on *degreening* treatment with various concentrations of ethylene and treatment of *precooling*)

pada bagian ekuator dan pangkal buah masih berwarna kuning kehijauan dengan nilai masing-masing 74,4 dan 78,7. Pada konsentrasi 200 dan 300 ppm yang diawali dengan perlakuan *precooling*, penurunan nilai *Hue angle* lebih lambat.

Padatan Terlarut Total dan Asam Tertitrasi

Padatan terlarut total (PTT) pada buah menunjukkan nilai kemanisan (total gula) dari buah tersebut. Semakin tinggi nilai PTT, semakin manis rasa buah tersebut. Semakin tinggi nilai padatan terlarut, semakin tinggi kandungan sukrosa buah. Kandungan padatan terlarut dinyatakan dalam derajat *brix* sebagai ukuran mengetahui tingkat manis buah jeruk. Perlakuan *precooling* nyata meningkatkan PTT dalam jus jeruk mulai pengamatan sebelum *degreening* sampai 4 hari pascaproses *degreening*. Namun, mulai hari ke-7 pascaproses *degreening* kandungan PTT tidak berbeda nyata antara buah yang mendapat perlakuan *precooling* dengan tanpa perlakuan *precooling*. Perlakuan *precooling* meningkatkan kandungan padatan terlarut karena selama perlakuan dingin aktivitas enzim hidrolisis menurun, tetapi begitu suhu normal kembali terjadi lonjakan aktivitasnya. Hal ini yang menyebabkan hidrolisis pati meningkat, yang menyebabkan peningkatan kandungan padatan terlarut. Menurut Tawali *et al.* (2004) pada penyimpanan buah jeruk, setiap kenaikan suhu 10°C akan menyebabkan kenaikan reaksi kimia buah menjadi dua kali lipat.

Penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan suhu dingin (*precooling*) dan perlakuan *degreening* tidak berpengaruh pada kandungan asam buah. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara perlakuan *precooling* dan konsentrasi etilen dalam *degreening* terhadap perubahan PTT dan kandungan asam buah jeruk yang di amati. Jeruk adalah buah nonklimaterik sehingga pemberian etilen tidak akan meningkatkan laju respirasi secara drastis, tidak menyebabkan terjadinya respirasi klimaterik (Bondad 1976). Mayuoni *et al.* (2011) menjelaskan bahwa *degreening* tidak memengaruhi internal buah jeruk. Oleh karena itu efek perlakuan etilen tidak begitu nyata. Hal tersebut terbukti dalam penelitian ini, kandungan PTT dan asam tertitrasi tidak terpengaruh oleh perlakuan *degreening*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Citrus color chart yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai pengganti *color reader* yang akurat untuk pengamatan warna kulit jeruk. Untuk menghasilkan warna jingga pada kulit buah jeruk siam dataran rendah dengan *degreening* diperlukan perlakuan suhu dingin sebelum *degreening*.

Perlakuan *precooling* dengan suhu 5°C selama 30 detik dan buah dipertahankan pada suhu 9–11°C selama 3 hari yang dikombinasikan dengan *degreening* menggunakan etilen dengan konsentrasi 100 ppm memberikan hasil terbaik untuk menghasilkan warna jingga pada buah jeruk siam dataran rendah. *Precooling* dapat meningkatkan kandungan padatan terlarut pada buah jeruk. *Degreening* tidak memberikan pengaruh pada gula dan asam buah jeruk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kementerian Pertanian RI yang telah membantu mendanai penelitian ini melalui program Kerjasama Kemitraan Penelitian dengan judul Pengembangan Teknologi Pembentukan Pigmen Jingga dan Fitonutrient pada Kulit Buah Jeruk Indonesia dengan nomor kontrak 714/LB.620/I.1/2/2013 dan Kementerian Riset dan Teknologi melalui program Sistem Inovasi Nasional (*SINas*) dengan judul Pengembangan Jeruk Unggulan Indonesia Guna Pemenuhan Gizi Masyarakat dan Penghematan Devisa Negara dengan nomor kontrak No:38/Sek/Insinas/PPK/I/2013.

DAFTAR PUSTAKA

1. Barry, HG & Wyk, AAV 2005, 'Low-temperature cold shock may induce rind colour development of 'Nules Clementine' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) fruit', *Postharvest Biology and Technology*, vol. 40, pp. 82-8.
2. Bondad, ND 1976, 'Response of same tropical and subtropical fruits to pre- and postharvest applications of ethephon', *Economic Botany*, vol. 30, pp. 67-80.
3. Dou, H, Jones, S, Lee & Ritenour, M 2004, 'Alternative degreening of Fallglo' Tangerines', *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, vol. 117, pp. 392-5.
4. Fanciullino, A, Cercos, M, Mayer, C, Froelicher, Y, Talon, M, Ollitrault, P & Morillon, R 2008, 'Changes in carotenoid content and biosynthesis gene expression in juice sacs of four orange varieties (*Citrus sinensis*) differing fruit color', *Journal Agricultural of Food Chemistry*, vol. 54, pp. 4397-406.
5. Iglesias, D, Cercos, M, Jose, M, Flores, C, Naranjo, M, Rios, G, Carrera, E, Rivero, R, Lliso, I, Morillon, R, Francisco, R, Tadeo & Talon, M 2007, 'Physiology of citrus fruitin', *J. Plant Physiology*, vol. 19, no. 4, pp. 333-62.
6. Jimenez Cuesta, M, Cuquerella, J & Martinez-Javega, J 1981, 'Determination of a color index for citrus fruit degreening', *Proc. of the International Society of Citriculture*, vol. 2, vol. 5, pp. 750-3.
7. Johanes, S 2012, 'Kajian eksperimental terhadap konduktivitas dan difusitas termal buah semangka', *Jurnal Teknologi Technoscient*, vol. 5, no.1.
8. Jomori, M, Sestari, Terra, F, Chiou, D & Klauge, R 2010, 'Degreening of 'Murcott' tangor with ethapion treatments', *Proc. IV International Postharvest Symposium, Acta Hort.*, pp. 877.

9. Kato, M, Matsumoto, H, Ikoma, Y, Okuda, H & Yano, M 2006, 'The role of carotenoid cleavage dioxygenase in the regulation of carotenoid profiles during maturation in citrus fruit', *Journal of Experimental Botany*, (JP) Japan, vol. 57, no.10, pp. 2153-64.
10. Kementerian Pertanian 2013, *Buletin bulanan indikator makro sektor pertanian* (Oktober 2013), diunduh 2013 Nov 7, <http://pusdatin.pertanian.go.id>.
11. Kumar, R, Kumar, A & Murthy, UN 2008, 'Heat transfer during forced air precooling of perishable food products', *Biosystems Engineering*, vol. 99, pp. 228-33.
12. Ma, G, Zhang, L, Matsuta, A, Matsutani, K, Yamawaki, K, Yahata, M, Wahyudi, A, Motohashi, R & Kato, M 2013, 'Enzymatic formation of β -citraurine from β -cryptoxanthine and zeaxantin by carotenoid cleavage dioxygenase4 in the flavedo of citrus fruit', *Plant Physiology*, vol. 163, pp. 682-95.
13. Manera, J, Brotons, J, Conesa, A & Porras, I 2012, 'Relationship between air temperature and degreening of lemon (*Citrus lemon* L. Burm. F) peel color during maturation', *Australian Journal of Crop Science*, vol. 6, no. 6, pp. 1051-8.
14. Mayuoni, L, Schwager, M, Feldmesser, E & Porat, R 2011, 'Effect of ethylene degreening on the transcriptome of mandarin flesh', *Postharvest Biology and Technology*, vol. 60, pp. 75-82.
15. Mayuoni, L, Tietel, Z, Patil, B & Porat, R 2011, 'Does ethylene degreening affect internal quality of citrus fruit?', *Postharvest Biology and Technology*, vol. 62, pp. 50-8.
16. McCornack, AA 1971, 'Effect of ethylene degreening on decay of florida citrus fruit', *Florida Agricultural Experiment Stations Journal Series*, no. 4149.
17. Peng, G, Xie, X, Jiang Q, Song, S & Xu, C 2013, 'Chlorophyll a/b binding protein plays a key role in natural and ethylene-induced degreening of Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco)', *Scientia Horticulturae*, vol. 160, pp. 34-43.
18. Rahi, S, Bahrami, H & Sheikdavoodi, MJ 2013, 'Vacuum cooling method of precooling process of cabbage', *J. Life Sci. Biomed.*, vol. 3, no. 1, pp. 56-9.
19. Rodrigo, M & Zacarias, L 2007, 'Effect of postharvest ethylene treatment on carotenoid accumulation and the expression of carotenoid biosynthetic genes in the flavedo of orange (*Citrus cinensis* L.) fruit', *Scientia Horticulturae*, vol. 43, pp. 14-22.
20. Rodrigo, M, Alquesar, B, Alos, E, Lado, J & Zacarias L 2013, 'Biochemical bases and molekuler regulation of pigmentation in the peel of citrus fruit', *Scientia Horticulturae*, vol. 163, pp. 46-62.
21. Santoso, B & Purwoko, B 1995, *Fisiologi dan teknologi pascapanen tanaman hortikultura*, Indonesia Australia Eastern University Project, (ID), Bogor.
22. Sdiri, S, Navarro, P, Monterde, A, Benabda, J & Salvador, A 2012, 'New degreening treatments to improve the quality of citrus fruit combining different periods with and without ethylene exposure', *Postharvest Biologi and Technology*, vol. 63, pp. 25-32.
23. Smilanick, J, Mansour, M & Sorenson, D 2006, 'Pre-and postharvest treatment to control green mold of citrus fruit during ethylene degreening', *Plant Disease*, vol. 90, no. 1, pp. 89-96.
24. Stewart, I & Wheaton, T 1971, 'Effect of etilen and temperature on carotenoid pigmentation of citrus peel. University of Florida. IFAS Agricultural Research and Edition Center. Lake Alfred. Florida State Horticulteural Society', *Agricultural Experiment Stations Journal*, pp. 264-6.
25. Tawali, A, Sukriani, Dirpan A, Sifa, A, Bastian, F & Demmamula, S 2004, *Pengaruh suhu penyimpanan terhadap mutu buah-buahan impor yang dipasarkan di Sulawesi Selatan*, Laporan Akhir Penelitian Kerjasama Indonesia Cold Chain Project dengan Jurusan Teknologi Pertanian Fapertahut UNHAS, Makassar.
26. Wattimena, G 1988, *Zat pengatur tumbuh*, Second University Development Profect/Broloan. No. 2547. IND, Pusat Antar Universitas IPB bekerjasama dengan Lembaga Swadaya Informasi IPB, (ID), Indonesia.
27. Zhang, J & Timmer, L 2007, 'Preharvest application of fungicides for postharvest disease control on early season tangerine hybrids in Florida', *ScienceDirect. Cropt protection*, vol. 26, pp. 886-93.
28. Zhou, J, Sun, C, Zhang, L, Dai, X, Xu, C & Chen K, 2010, 'Preferential accumulation of orange colored carotenoid in Ponkan (*Citrus reticulata*) fruit peel following postharvest application of ethylene or ethaphon', *Scientia Horticulturae*, vol. 126, pp. 229-35.