

Pengaruh Persentase Cabai Patah Terhadap Mutu Fisik dan Laju Respirasi Cabai Merah Keriting (*Capsicum annuum* L.) Selama Masa Penyimpanan

The Effect of The Percentage of Fracture Chili on Physical Quality and Respiration Rate of Curly Red Chili (*Capsicum annuum* L.) During Storage Period

Jordan Dandy Prayoga, I Dewa Gde Mayun Permana*, Komang Ayu Nocianitri

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Badung-Bali

*Penulis korepondensi: I Dewa Gde Mayun Permana, Email: mayunpermana@unud.ac.id

Abstract

Red curly chili (*Capsicum annuum* L.) is a commodity that has a high use value for the life of the Indonesian people, but is very susceptible to damage due to fracture while handled in the supply chain system. This is thought to be the main factor that causes a decrease in the shelf life of curly red chili. This study aims to determine the effect of the percentage of fractured chilies on the physical quality and respiration rate of curly red chilies, and also to determine the minimum percentage of fractured chilies that can affect the physical quality and respiration rate of curly red chilies during storage period. The experimental design used in this study was a completely randomized factorial design (CRD-factorial), with the first factor being the percentage of fractured chilies consisting of 0%, 4%, 8%, and 12%, and the second factor being the length of storage time consisting of 0, 2, 4, and 6 days. All treatments were repeated 2 times so that 32 experimental units were obtained. Data were analyzed by analysis of variance (ANOVA) and if the treatment had an effect on the parameters, it was continued with Duncan's Multiple Range Test (DMRT). Parameters observed were weight loss, moisture content, color, texture and respiration rate. The results showed that the interaction between the percentage treatment of fractured chili and storage time had a significant effect on weight loss and respiration rate, and had no significant effect on water content, color, and texture of curly red chili. The minimum percentage of fractured chilies that could have a significant effect on the physical quality and respiration rate of curly red chilies during the storage period was 4%, with a quality that is close to the control treatment until the 4th day of storage which are: 22.36% weight loss; 72.26% water content; 33.1 L* value; 48.3 a* value; 34.1 b* value; 34.08 N texture, and 17.46 mgCO₂/kg.hour respiration rate.

Keywords: *curly red chili, physical quality, respiration rate*

PENDAHULUAN

Cabai merupakan tumbuhan anggota genus *Capsicum* yang memiliki peranan besar sebagai bumbu penyedap masakan nusantara. Mulai dari masakan sate gurita khas kota Sabang hingga ikan bakar manokwari khas kota Merauke, tidak luput dari penggunaan cabai sebagai salah satu bahan utamanya. Selain itu, cabai juga kaya

akan kandungan vitamin C, capsaicinoid, fenol, dan flavonoid yang dapat berperan sebagai agen antioksidan, antiinflamasi, dan antikanker (Kusnadi *et al*, 2019). Tingginya manfaat dan nilai guna yang dimiliki, membuat cabai menjadi salah satu komoditas primadona bagi masyarakat Indonesia.

Kebutuhan masyarakat yang tinggi akan komoditas cabai terlihat dari angka konsumsi cabai yang terus meningkat di setiap tahunnya. Berdasarkan data Kemendag (2019), angka konsumsi cabai Indonesia telah mencapai 2,90 kg/kapita pada tahun 2016 dan terus meningkat hingga 3,05 kg/kapita pada tahun 2019. Pola peningkatan juga terjadi pada angka produksi cabai nusantara yang meningkat dari 1.961.580 ton pada tahun 2016 menjadi 2.772.590 ton pada tahun 2020 (BPS, 2020), namun tingginya angka produksi cabai Indonesia diiringi dengan tingginya tingkat kerusakan cabai selama penanganan dalam sistem rantai pasok.

Cabai merah keriting (*Capsicum annuum* L.) merupakan salah satu jenis cabai dengan tingkat kerusakan pacapanen tergolong tinggi, yakni dapat mencapai 40% dari total hasil pemanenan (Anjayani *et al*, 2021). Bentuk cabai yang memanjang, bergelombang, dan kaku, serta kulit yang tipis membuat cabai merah keriting rentan mengalami berbagai jenis kerusakan, dan yang umum berupa cabai patah akibat tekanan, gesekan, dan goncangan selama proses penanganan cabai (David, 2018). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Iswari *et al* (2014) yang memperoleh kerusakan mekanis berupa cabai patah dalam proses sortasi cabai merah keriting kopay, serta diperkuat oleh hasil observasi langsung pada PT. XYZ yang juga memperoleh data kerusakan mekanis berupa cabai merah

keriting patah sebesar 5,02% pada tingkat petani dan 3,52% pada tingkat distributor.

Kerusakan mekanis yang terjadi selama proses penanganan cabai, diduga merupakan penyebab terjadinya penurunan masa simpan komoditas cabai merah keriting pada PT. XYZ. Kerusakan mekanis menyebabkan terjadinya deformasi struktur jaringan epidermis dan peningkatan luas permukaan pada cabai, tentunya hal ini akan berimplikasi pada terjadinya percepatan laju respirasi akibat tingginya interaksi bahan pangan dengan O₂ (Bintoro, 2013). Menurut Utama (2016) kerusakan mekanis juga dapat memicu komoditas hortikultura untuk memproduksi gas etilen, yang akan berimplikasi pada terjadinya peningkatan laju respirasi akibat stimulasi aktivitas enzim katalase, amilase, dan oksidase (Wiraatmaja, 2017). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh persentase cabai patah terhadap mutu fisik dan laju respirasi cabai merah keriting, serta untuk mengetahui persentase cabai patah minimal yang dapat mempengaruhi mutu fisik dan laju respirasi cabai merah keriting selama masa penyimpanan.

METODE

Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini ialah cabai merah keriting segar dengan kriteria bebas dari segala jenis kerusakan, buah dan tangkai segar, ukuran

seragam, serta berwarna merah cerah yang diperoleh dari desa Besakih, kecamatan Rendang, kabupaten Karangasem, Bali. Beberapa bahan lainnya ialah air untuk bahan pencuci cabai, koran dan tali untuk penyimpanan sampel, serta plastisin, larutan Ca(OH)_2 jenuh (Pudak), Larutan NaOH 0,05 N (Merck), HCl 0,05 N (Merck), aquadest dan Indikator fenofalin 0,1% (Merck) untuk pengukuran laju respirasi.

Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah nampan, keranjang plastik, gunting, timbangan analitik (Shimadzu ATY224), cawan aluminium, oven pengering (*Blue M*), desikator (Duran), pinset, *colorimeter* (PCE-CSM 2) & *software* Accu Win 32, *texture analyser* (TA.XT plus) & *software texture exponent* 32, *air pump* (Amara Q3), chamber plastik, buret 25 ml (Pyrex), statif & klem, pipet tetes, gelas beaker 100 ml (pyrex), gelas ukur 100 ml (pyrex) dan Erlenmeyer plastik.

Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap faktorial dengan 2 faktor yakni: Faktor pertama berupa persentase cabai patah dengan 4 taraf, yakni 0% (A0), 4% (A1), 8% (A2), 12% (A3), serta faktor kedua berupa lama waktu penyimpanan dengan 4 taraf yakni hari ke 0 (B0), 2 (B1), 4 (B2), 6 (B3). Pengulangan masing-

masing perlakuan dilakukan sebanyak 2 kali, sehingga akan diperoleh 32 unit percobaan.

Pelaksanaan Penelitian

Cabai merah keriting disortasi dengan kriteria bebas dari segala jenis kerusakan, buah dan tangkai segar, ukuran seragam, serta berwarna merah cerah. Cabai merah keriting hasil proses sortasi dicuci dengan air mengalir dan ditiriskan kurang lebih selama 1 menit dengan jumlah 25 cabai dalam 1 kali penirisan, kemudian dikeringkan menggunakan tisu. Dengan demikian cabai merah keriting bersih siap untuk digunakan sebagai sampel percobaan. Pada proses pengukuran mutu fisik, sampel cabai merah keriting dibagi menjadi 16 kelompok percobaan (dengan jumlah masing-masing 25 buah) berdasarkan kombinasi faktor penelitian, yakni: A0B0, A0B1, A0B2, A0B3, A1B0, A1B1, A1B2, A1B3, A2B0, A2B1, A2B2, A2B3, A3B0, A3B1, A3B2, dan A3B3, sedangkan pada proses pengukuran laju respirasi, sampel cabai merah keriting dibagi menjadi 4 kelompok percobaan (dengan jumlah masing-masing 25 buah) berdasarkan taraf faktor persentase cabai patah, yakni 0%, 4%, 8%, dan 12%. Cabai merah keriting pada masing-masing kelompok dipatahkan pada bagian tengah cabai sehingga terbagi menjadi 2 bagian. Pematangan dilakukan sesuai dengan taraf persentase cabai patah, yakni: 1 buah untuk taraf 4%, 2 buah untuk taraf 8%, dan 3 buah untuk taraf 12%.

Selanjutnya masing-masing kelompok pada proses pengukuran mutu fisik diletakkan ke dalam keranjang plastik berbeda yang ditutup dengan kertas koran, sedangkan masing-masing kelompok pada proses pengukuran laju respirasi diletakkan dalam chamber plastik berbeda yang disegel dengan platisin. Seluruh sampel disimpan pada suhu ruang 27°C dan RH 66%, dan dilakukan pengamatan susut bobot, kadar air, warna, tekstur, dan laju respirasi pada penyimpanan hari ke-0, 2, 4, 6.

Parameter yang Diamati

Parameter yang diamati pada adalah susut bobot menggunakan metode penimbangan dengan timbangan digital (Lapasi *et al.* 2020), kadar air menggunakan metode gravimetri dengan pengeringan oven (Lapasi *et al.* 2020), warna menggunakan alat *colorimeter* (Pudja *et al.* 2014), tekstur menggunakan alat *texture analyser* (Oceanic *et al.* 2017), serta laju respirasi menggunakan metode titimetri (Tampubolon *et al.* 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Susut Bobot

Hasil analisis susut bobot cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 1

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap susut

bobot cabai merah keriting. Tabel 1 menunjukkan adanya pola peningkatan nilai rata-rata susut bobot cabai merah keriting seiring dengan bertambahnya taraf perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan. Hasil susut bobot terkecil diperoleh dari cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah 0% dan lama waktu penyimpanan selama 2 hari, sedangkan hasil susut bobot terbesar diperoleh dari cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah 12% dan lama waktu penyimpanan selama 6 hari. Persentase cabai patah 4% memiliki susut bobot yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (0%) hingga penyimpanan hari ke-4. Hal ini menunjukkan bahwa persentase cabai patah 4% tidak mengalami percepatan penyusutan bobot yang signifikan hingga penyimpanan hari ke-4.

Peningkatan susut bobot yang terjadi pada cabai merah keriting diduga disebabkan oleh proses respirasi dan transpirasi yang terjadi pada cabai patah selama waktu penyimpanan. Cabai patah menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah produksi gas etilen dan luas permukaan pada jaringan cabai. Akumulasi gas etilen selama masa penyimpanan akan menstimulasi aktivitas enzim amilase, oksidase, katalase, dan invertase (Arti *et al.* 2018 & Fauziah *et al.* 2021), sedangkan peningkatan luas permukaan pada cabai patah akan memperbesar area kontak antara bahan pangan dengan O₂.

Tabel 1. Nilai rata-rata susut bobot (%) cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan

A	B			
	0 hari	2 hari	4 hari	6 hari
0 %	0 ± 0a	10,02 ± 0,41b	20,56 ± 0,64d	31,25 ± 1,28g
4 %	0 ± 0a	11,03 ± 0,48bc	22,36 ± 1,15de	33,72 ± 1,79h
8 %	0 ± 0a	11,94 ± 0,71bc	24,23 ± 1,26ef	36,30 ± 1,67i
12 %	0 ± 0a	12,70 ± 0,61c	25,67 ± 1,47f	38,59 ± 2,13i

Keterangan: A = Persentase cabai patah, B = Lama waktu penyimpanan. Nilai rata-rata ± standar deviasi. Nilai rata-rata masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perlakuan berbeda tidak nyata ($P>0,05$)

Kedua hal tersebut akan menyebabkan terjadinya peningkatan laju respirasi pada cabai merah keriting seiring bertambahnya persentase kepatahan cabai. Perombakan pati dan berkurangnya kadar air akibat proses respirasi akan menyebabkan terjadinya penurunan bobot pada cabai merah keriting.

Cabai patah menyebabkan terjadinya deformasi jaringan epidermis akibat gaya mekanis yang diterima cabai. Selain itu, percepatan produksi gas etilen sebagai respons terhadap kerusakan cabai, juga akan mempercepat proses deformasi jaringan epidermis melalui stimulasi aktivitas enzim selulase, hemiselulase, dan protopektinase (Jumeri *et al.* 1997). Deformasi struktur jaringan epidermis akan menyebabkan menurunnya kemampuan cabai dalam mempertahankan kandungan airnya pada proses transpirasi (Roziqin 2016). Di samping itu, peningkatan luas permukaan pada cabai patah akan memperbesar area kontak antara jaringan

cabai dengan udara bebas, sehingga jumlah air yang hilang akibat proses transpirasi akan menjadi semakin banyak. Hilangnya kadar air melalui proses transpirasi akan menyebabkan terjadinya penurunan bobot pada cabai merah keriting. Oleh karena itu, persentase kerusakan cabai yang lebih tinggi akan mengalami penyusutan bobot yang semakin besar dan semakin cepat dibandingkan dengan persentase kerusakan cabai yang lebih rendah

Waktu penyimpanan yang semakin lama akan menyebabkan terjadinya peningkatan susut bobot yang semakin besar pada cabai merah keriting. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu penyimpanan, maka semakin besar jumlah pati dan air yang hilang akibat berlangsungnya proses respirasi dan tranpirasi. Oleh karena itu, cabai yang disimpan dalam waktu yang lebih panjang akan mengalami penyusutan bobot lebih besar dibandingkan dengan cabai yang disimpan dalam waktu yang lebih pendek.

Tabel 2. Nilai rata-rata kadar air (%) cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan

A	B				\bar{x} A
	0 hari	2 hari	4 hari	6 hari	
0 %	84,11 ± 0,96	80,54 ± 1,71	74,61 ± 1,19	70,15 ± 2,29	77,35c
4 %	84,11 ± 0,96	79,08 ± 1,64	72,26 ± 1,37	65,75 ± 2,06	75,30b
8 %	84,11 ± 0,96	77,37 ± 1,18	70,87 ± 1,71	63,13 ± 2,55	73,87ab
12 %	84,11 ± 0,96	75,81 ± 1,90	68,95 ± 2,21	59,82 ± 2,52	72,17a
\bar{x} B	84,11d	78,20c	71,67b	64,71a	

Keterangan: A = Persentase cabai patah, B = Lama waktu penyimpanan. Nilai rata-rata ± standar deviasi. Nilai rata-rata masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perlakuan berbeda tidak nyata ($P>0,05$).

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Rozana *et al* (2021) yang menunjukkan tomat dengan tingkat kerusakan mekanis terbesar (0,74%) memiliki persentase susut bobot yang paling tinggi, sedangkan tomat dengan tingkat kerusakan mekanis terkecil (0,64%) memiliki persentase susut bobot yang paling rendah.

Kadar Air

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan berpengaruh nyata ($P<0,05$), namun interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($P>0,05$). terhadap kadar air cabai merah keriting selama penyimpanan. Hasil analisis kadar air cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 menunjukkan adanya pola penurunan nilai rata-rata kadar air cabai merah keriting seiring dengan bertambahnya taraf perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan.

Pada perlakuan persentase cabai patah, kadar air tertinggi diperoleh pada taraf 0% dan terendah diperoleh pada taraf 12%. Persentase cabai patah 0%, 4%, dan 12% berbeda nyata antara satu sama lain, namun taraf 8% tidak berbeda nyata dengan 4% dan 12%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar air cabai menurun seiring bertambahnya persentase cabai patah, akan tetapi mengalami perlambatan penurunan kadar air pada persentase 8% dan 12 %. Pada perlakuan lama waktu penyimpanan, kadar air tertinggi diperoleh pada taraf 0 hari dan terendah diperoleh pada taraf 6 hari. Lama waktu penyimpanan 0, 2, 4, dan 6 hari berbeda nyata antara satu sama lain. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar air cabai menurun seiring bertambahnya lama waktu penyimpanan. Persentase cabai patah 4% memiliki nilai rata-rata kadar air yang paling mendekati perlakuan kontrol (0%). Hal ini menunjukkan bahwa persentase cabai patah 4% memiliki laju penurunan kadar air yang lebih rendah

dibandingkan dengan perlakuan 8% dan 12%.

Penurunan kadar air yang terjadi pada cabai merah keriting diduga disebabkan oleh proses respirasi dan transpirasi yang terjadi pada cabai patah selama waktu penyimpanan. Cabai patah akan menyebabkan terjadinya percepatan produksi gas etilen, serta perbesaran luas permukaan yang akan memicu peningkatan laju respirasi. Menurut Harahap (2012) pada proses respirasi, molekul air akan digunakan dalam 2 reaksi hidrasi pada siklus krebs. Di samping itu, molekul air yang terbentuk dalam proses respirasi akan dilepaskan ke udara bebas dalam bentuk gas pada proses transpirasi (Lamona, 2015). Kondisi ini akan menyebabkan penurunan jumlah molekul air pada cabai.

Cabai patah dapat memicu peningkatan laju transpirasi akibat deformasi struktur jaringan epidermis dan perbesaran luas permukaan. Induksi aktivitas enzim protopektinase, hemiselulase, dan selulase oleh gas etilen akan mempercepat proses perombakan komponen penyusun dinding sel (Sudjatha *et al.* 2017 & Fuadi *et al.* 2015). Perombakan tersebut menyebabkan dinding sel mengalami penurunan permeabilitas terhadap air, sehingga terjadi percepatan pelepasan molekul air ke udara bebas (Khairuna, 2019), sedangkan peningkatan luas permukaan pada cabai patah akan

memperluas area kontak antara jaringan cabai dengan udara bebas. Oleh karena itu, persentase kerusakan cabai yang lebih tinggi akan memiliki kadar air yang lebih kecil dibandingkan dengan persentase kerusakan cabai yang lebih rendah.

Waktu penyimpanan yang semakin lama akan menyebabkan terjadinya penurunan kadar air yang semakin besar pada cabai merah keriting. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu penyimpanan cabai, maka akan semakin besar jumlah molekul air yang hilang akibat berlangsungnya proses respirasi dan tranpirasi. Oleh karena itu, cabai yang disimpan dalam waktu yang lebih panjang akan mengalami penurunan kadar air yang lebih besar dibandingkan dengan cabai yang disimpan dalam waktu yang lebih pendek.

Penurunan kadar air pada penelitian ini sesuai dengan pernyataan Rozana *et al* (2021) pada penelitiannya yang menyatakan bahwa, peningkatan susut bobot yang terjadi seiring dengan bertambahnya persentase kerusakan mekanis merupakan akibat dari hilangnya kadar air pada sampel tomat. Kerusakan mekanis menyebabkan terjadinya deformasi struktur jaringan epidermis dan hilangnya lapisan lilin yang akan berimplikasi pada peningkatan laju penguapan dan kehilangan air (Rozana *et al.* 2021)..

Warna

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan berpengaruh nyata ($P < 0,05$), namun interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($P > 0,05$) terhadap nilai L^* , a^* , dan b^* cabai merah keriting selama penyimpanan.

Hasil analisis nilai L^* , a^* , dan b^* cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

Tabel 3, 4, dan 5 menunjukkan adanya pola penurunan nilai rata-rata L^* , a^* , dan b^* cabai merah keriting seiring dengan bertambahnya persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan. Pada perlakuan persentase cabai patah, nilai L^* , a^* , dan b^* tertinggi diperoleh pada taraf 0% dan terendah diperoleh pada taraf 12%. Pada parameter nilai L^* dan a^* , persentase cabai patah 0%, 4%, dan 8% tidak berbeda nyata. Taraf 12% berbeda nyata dengan taraf 0% dan 4%, akan tetapi tidak berbeda nyata dengan taraf 8%, sedangkan pada parameter nilai b^* , persentase cabai patah 0%, 4%, dan 8% tidak berbeda nyata, akan tetapi taraf 12% berbeda nyata dengan taraf 0%, 4%, dan 8%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai L^* , a^* , dan b^* cabai menurun seiring bertambahnya persentase cabai patah, akan tetapi penurunan yang signifikan mulai terjadi pada persentase cabai patah 12%. Pada

perlakuan lama waktu penyimpanan, nilai L^* , a^* , dan b^* tertinggi diperoleh pada taraf 0 hari dan terendah diperoleh pada taraf 6 hari. Lama waktu penyimpanan 0, 2, 4, dan 6 hari berbeda nyata antara satu sama lain. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai L^* , a^* , dan b^* cabai menurun seiring bertambahnya lama waktu penyimpanan. Persentase cabai patah 4% memiliki notasi rata-rata nilai L^* , a^* , dan b^* yang sama dengan perlakuan kontrol (0%). Hal ini menunjukkan bahwa persentase cabai patah 4% tidak mengalami penurunan warna yang signifikan selama masa penyimpanan.

Penurunan nilai L^* , a^* , dan b^* yang terjadi pada cabai merah keriting diduga disebabkan oleh reaksi pencokelatan enzimatis dan degradasi pigmen akibat perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan. Cabai patah menyebabkan terjadinya akumulasi gas etilen yang akan menginduksi aktivitas enzim peroksidase, polifenol oksidase, dan fenilalanin ammonia lyase (Gardjito. 2006). Induksi enzim-enzim tersebut mempercepat terjadinya reaksi pencokelatan enzimatis yang membuat warna cabai menjadi lebih gelap dan kecokelatan. Hal ini akan berimplikasi pada penurunan nilai L^* , a^* dan b^* pada sampel cabai merah keriting. Luas permukaan yang semakin besar akan mengakibatkan peningkatan area kontak antara pigmen warna karotenoid dengan oksigen dan cahaya.

Tabel 3. Nilai rata-rata L* sampel cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan

A	B				\bar{x} A
	0 hari	2 hari	4 hari	6 hari	
0 %	0 ± 0a	10,02 ± 0,41b	20,56 ± 0,64d	31,25 ± 1,28g	
4 %	0 ± 0a	11,03 ± 0,48bc	22,36 ± 1,15de	33,72 ± 1,79h	
8 %	0 ± 0a	11,94 ± 0,71bc	24,23 ± 1,26ef	36,30 ± 1,67i	
12 %	0 ± 0a	12,70 ± 0,61c	25,67 ± 1,47f	38,59 ± 2,13i	
A	B				\bar{x} A
	0 hari	2 hari	4 hari	6 hari	
0 %	37,5 ± 0,28	36,1 ± 0,85	33,8 ± 0,92	32,1 ± 1,27	34,9b
4 %	37,5 ± 0,28	35,6 ± 0,85	33,1 ± 0,92	31,5 ± 1,20	34,4b
8 %	37,5 ± 0,28	34,9 ± 0,92	32,5 ± 0,85	30,7 ± 1,41	33,9ab
12 %	37,5 ± 0,28	34,2 ± 0,85	31,8 ± 0,92	30,0 ± 1,48	33,4a
\bar{x} B	37,5d	35,2c	32,8b	31,1a	

Keterangan: A = Persentase cabai patah, B = Lama waktu penyimpanan. Nilai rata-rata ± standar deviasi. Nilai rata-rata masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perlakuan berbeda tidak nyata ($P>0,05$).

Tabel 4. Nilai rata-rata a* sampel cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan

A	B				\bar{x} A
	0 hari	2 hari	4 hari	6 hari	
0 %	53,1 ± 0,07	52,3 ± 0,57	48,9 ± 0,85	45,7 ± 1,13	50,0b
4 %	53,1 ± 0,07	51,8 ± 0,78	48,3 ± 1,06	45,0 ± 1,06	49,5b
8 %	53,1 ± 0,07	51,3 ± 0,64	47,8 ± 1,13	44,4 ± 1,06	49,1ab
12 %	53,1 ± 0,07	50,4 ± 0,78	47,1 ± 1,20	42,8 ± 1,48	48,3a
\bar{x} B	53,1d	51,4c	48,0b	44,4a	

Keterangan: A = Persentase cabai patah, B = Lama waktu penyimpanan. Nilai rata-rata ± standar deviasi. Nilai rata-rata masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perlakuan berbeda tidak nyata ($P>0,05$).

Tabel 5. Nilai rata-rata b* sampel cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan

A	B				\bar{x} A
	0 hari	2 hari	4 hari	6 hari	
0 %	39,1 ± 0,07	37,3 ± 0,71	34,4 ± 0,42	31,7 ± 0,64	35,6b
4 %	39,1 ± 0,07	36,9 ± 0,64	34,1 ± 0,64	31,2 ± 0,78	35,3b
8 %	39,1 ± 0,07	36,5 ± 0,64	33,6 ± 0,49	30,8 ± 0,78	35,0b
12 %	39,1 ± 0,07	35,6 ± 0,57	32,9 ± 0,49	29,6 ± 1,13	34,3a
\bar{x} B	39,1d	36,6c	33,7b	30,8a	

Keterangan: A = Persentase cabai patah, B = Lama waktu penyimpanan. Nilai rata-rata ± standar deviasi. Nilai rata-rata masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perlakuan berbeda tidak nyata ($P>0,05$).

Menurut Jonathan (2011), keberadaan oksigen dan cahaya dapat menyebabkan terjadinya proses oksidasi pada senyawa karotenoid yang mengakibatkan terjadinya perubahan warna pada cabai. Oleh karena itu, persentase kerusakan cabai yang lebih tinggi akan memiliki nilai L^* , a^* , dan b^* yang lebih kecil dibandingkan dengan persentase kerusakan cabai yang lebih rendah.

Waktu penyimpanan yang semakin lama akan menyebabkan terjadinya penurunan nilai L^* , a^* , dan b^* yang semakin besar pada cabai merah keriting. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu penyimpanan cabai, maka akan semakin besar jumlah senyawa karotenoid yang rusak akibat berlangsungnya proses pencokelatan secara enzimatik serta degradasi pigmen oleh oksigen dan cahaya. Oleh karena itu, cabai yang disimpan dalam waktu yang lebih panjang akan mengalami penurunan nilai L^* , a^* , dan b^* yang lebih besar dibandingkan dengan cabai yang disimpan dalam waktu yang lebih pendek.

Hasil penelitian berupa penurunan nilai L^* , a^* , dan b^* sampel cabai merah keriting sesuai dengan pernyataan Jonathan (2012) pada penelitiannya yang menyatakan bahwa, penurunan L^* , a^* , dan b^* diakibatkan oleh berkurangnya kandungan senyawa karotenoid yang terdapat pada cabai. Lebih lanjut Jonathan (2012) menjelaskan bahwa penurunan nilai

L^* , a^* , dan b^* pada cabai berbanding lurus dengan laju kerusakan senyawa karotenoid. Pada penelitian ini, kecepatan proses kerusakan senyawa karotenoid dipengaruhi oleh peningkatan laju reaksi pencokelatan akibat meningkatnya produksi gas etilen, serta peningkatan luas permukaan yang mempercepat proses perombakan senyawa karotenoid oleh oksigen dan cahaya.

Tekstur

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan berpengaruh nyata ($P < 0,05$), namun interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($P > 0,05$). terhadap tekstur cabai merah keriting selama penyimpanan. Hasil analisis tekstur cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 menunjukkan adanya pola penurunan nilai rata-rata tekstur cabai merah keriting seiring dengan bertambahnya persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan. Pada perlakuan persentase cabai patah, nilai tekstur tertinggi diperoleh pada taraf 0% dan terendah diperoleh pada taraf 12%. Persentase cabai patah 0%, 4%, dan 12% berbeda nyata antara satu sama lain, namun taraf 4% tidak berbeda nyata dengan taraf 8%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai tekstur cabai menurun seiring bertambahnya persentase cabai patah.

Tabel 6. Nilai rata-rata tekstur (N) cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan

A	B				\bar{x} A
	0 hari	2 hari	4 hari	6 hari	
0 %	41,49 ± 0,31	39,60 ± 1,65	36,72 ± 1,70	34,92 ± 1,21	38,18c
4 %	41,49 ± 0,31	38,10 ± 1,15	34,08 ± 1,26	32,95 ± 1,71	36,66b
8 %	41,49 ± 0,31	36,99 ± 1,61	33,70 ± 2,05	29,37 ± 1,49	35,39b
12 %	41,49 ± 0,31	35,62 ± 1,95	30,62 ± 1,77	27,64 ± 1,83	33,84a
\bar{x} B	41,49d	37,58c	33,78b	31,22a	

Keterangan: A = Persentase cabai patah, B = Lama waktu penyimpanan. Nilai rata-rata ± standar deviasi. Nilai rata-rata masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perlakuan berbeda tidak nyata ($P > 0,05$).

Pada perlakuan lama waktu penyimpanan, nilai tekstur tertinggi diperoleh pada taraf 0 hari dan terendah diperoleh pada taraf 6 hari. Lama waktu penyimpanan 0, 2, 4, dan 6 hari berbeda nyata antara satu sama lain. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai tekstur cabai menurun seiring bertambahnya lama waktu penyimpanan. Persentase cabai patah 4% memiliki rata-rata nilai tekstur yang paling mendekati perlakuan kontrol (0%). Hal ini menunjukkan bahwa persentase cabai patah 4% memiliki laju penurunan tekstur yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan 8% dan 12%.

Penurunan nilai tekstur yang terjadi pada cabai merah keriting diduga disebabkan oleh peningkatan proses perombakan dinding sel dan penurunan tekanan turgor sel akibat perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan. Cabai patah menyebabkan terjadinya akumulasi gas etilen yang akan menginduksi aktivitas enzim selulase, hemiselulase, dan protopektinase (Jumeri *et*

al. 1997). Hal tersebut mengakibatkan terjadinya perombakan selulosa, hemiselulosa, dan protopektin menjadi gula-gula sederhana, yang mengakibatkan penurunan tekstur cabai merah keriting (Lamona. 2015). Secara lebih lanjut, perombakan dinding sel akan menyebabkan penurunan kemampuan sel dalam mempertahankan molekul air yang terdapat di dalamnya (Roziqin. 2016). Molekul air yang semakin berkurang akan menyebabkan terjadinya penurunan tekanan turgor akibat berkurangnya isi sel, hal ini akan berimplikasi pada perubahan ketegaran sel menjadi lebih lemas/lunak (Muchtadi. 2011). Penurunan tekanan turgor sel juga dapat diakibatkan oleh hilangnya molekul air akibat proses transpirasi dan respirasi. Oleh karena itu, persentase kerusakan cabai yang lebih tinggi akan memiliki nilai tekstur yang lebih kecil dibandingkan dengan persentase kerusakan cabai yang lebih rendah.

Waktu penyimpanan yang semakin lama akan menyebabkan terjadinya

penurunan tekstur yang semakin besar pada cabai merah keriting. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu penyimpanan cabai, maka akan semakin besar jumlah komponen dinding sel dan tekanan turgor sel yang hilang akibat berlangsungnya proses perombakan dinding sel, respirasi, dan transpirasi. Oleh karena itu, cabai yang disimpan dalam waktu yang lebih panjang akan mengalami penurunan nilai tekstur yang lebih besar dibandingkan dengan cabai yang disimpan dalam waktu yang lebih pendek.

Penelitian Rozana *et al* (2021) yang membahas tentang simulasi transportasi komoditas tomat menunjukkan hasil yang serupa terkait pengaruh kerusakan mekanis terhadap penurunan nilai tekstur. Hasil Penelitian Rozana *et al* (2021) menunjukkan bahwa tomat dengan tingkat kerusakan mekanis terbesar (0,74%) memiliki nilai tekstur yang paling kecil, sedangkan tomat dengan tingkat kerusakan mekanis terkecil (0,64%) memiliki nilai tekstur yang paling tinggi.

Laju Respirasi

Hasil analisis laju respirasi cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 7.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap laju respirasi cabai merah keriting. Tabel 7

menunjukkan adanya pola peningkatan laju respirasi seiring dengan bertambahnya persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan hingga penyimpanan hari ke-4, sedangkan pada penyimpanan hari ke-6 terjadi penurunan laju respirasi pada perlakuan persentase cabai patah 8% dan 12%. Laju respirasi terendah diperoleh dari cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah 0% dan lama waktu penyimpanan selama 2 hari, sedangkan hasil laju respirasi tertinggi diperoleh dari cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah 12% dan lama waktu penyimpanan selama 4 hari. Persentase cabai patah 4% memiliki nilai laju respirasi paling mendekati perlakuan kontrol (0%), sebelum mengalami penurunan hari ke-6. Hal ini menunjukkan bahwa persentase cabai patah 4% memiliki laju respirasi yang paling mendekati perlakuan kontrol (0%) hingga penyimpanan hari ke-4.

Peningkatan laju respirasi pada cabai merah keriting diduga disebabkan oleh stimulasi aktivitas enzim oksidatif dan hidrolitik oleh gas etilen, akumulasi panas vital selama proses penyimpanan, serta peningkatan luas permukaan cabai. Cabai patah menyebabkan terjadinya akumulasi gas etilen yang akan menginduksi aktivitas enzim amilase, oksidase, katalase, dan invertase. Hal tersebut mendorong peningkatan proses respirasi melalui stimulasi proses penyediaan substrat (Arti *et al.* 2018 & Fauziah *et al.* 2021).

Tabel 7. Nilai rata-rata laju respirasi (mgCO₂/kg.jam) cabai merah keriting dengan perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan

A	B			
	0 hari	2 hari	4 hari	6 hari
0 %	11,66 ± 0,08a	12,92 ± 0,46b	15,57 ± 0,47c	18,63 ± 0,38ef
4 %	11,46 ± 0,03a	15,24 ± 0,32c	17,46 ± 0,63d	17,96 ± 0,42de
8 %	11,65 ± 0,10a	17,20 ± 0,22d	20,33 ± 0,64g	19,02 ± 0,45f
12 %	11,48 ± 0,04a	18,96 ± 0,44f	23,19 ± 0,73h	20,99 ± 0,53g

Keterangan: A = Persentase cabai patah, B = Lama waktu penyimpanan. Nilai rata-rata ± standar deviasi. Nilai rata-rata masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perlakuan berbeda tidak nyata (P>0,05).

Selain itu, panas vital yang terakumulasi selama proses penyimpanan akan meningkatkan energi kinetik yang menambah intensitas tumbukan antara substrat dan enzim yang berperan dalam proses respirasi (Noviyanti. 2012). Kecepatan laju respirasi pada cabai patah juga dipicu oleh peningkatan luas permukaan yang memperbesar area kontak antara bahan pangan dengan O₂. Oleh karena itu, pada awal masa penyimpanan, persentase kerusakan cabai yang lebih tinggi akan memiliki laju respirasi yang lebih besar dibandingkan dengan persentase kerusakan cabai yang lebih rendah.

Penurunan laju respirasi yang terjadi pada akhir masa penyimpanan diduga disebabkan oleh rendahnya kadar substrat, serta kerusakan fisiologis yang terjadi akibat perlakuan persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan. Peningkatan laju respirasi yang disebabkan oleh akumulasi gas etilen pada cabai patah, menyebabkan semakin banyak substrat yang dipecah seiring berjalannya waktu penyimpanan.

Kandungan substrat yang semakin rendah akan menyebabkan terjadinya penurunan laju respirasi pada komoditas hasil pertanian (Rakatika *et al.* 2014). Selain itu, Rendahnya kemampuan bahan pangan dalam memproduksi energi akan berimplikasi pada penurunan kemampuan sel dalam mempertahankan strukturnya, sehingga akan mengalami kerusakan fisiologis akibat proses autolisis. Proses autolisis yang terus berlangsung akan menyebabkan terjadinya pencairan organel akibat degradasi oleh enzim, yang akan berujung pada kebusukan (Aziz 2014). Hal ini sesuai dengan pernyataan David (2018) pada penelitiannya yang menyatakan bahwa komoditas cabai hanya memiliki umur simpan 5-10 hari, sebelum mengalami kebusukan akibat kerusakan fisiologis. Oleh karena itu, pada akhir masa penyimpanan, kelompok percobaan dengan perlakuan persentase kerusakan cabai yang lebih tinggi akan cenderung mengalami perlambatan laju respirasi.

Hasil penelitian berupa kecenderungan peningkatan laju respirasi pada sampel cabai merah keriting, sesuai dengan pernyataan Gard *et al* (2006) pada penelitiannya yang membahas tentang biosintesis etilen luka pada irisan mesokarp labu kuning. Gard *et al* (2006) menjelaskan bahwa meningkatnya produksi gas etilen akan menyebabkan terjadinya peningkatan proses respirasi (*wound respiration*) yang berujung pada percepatan proses kerusakan bahan pangan

KESIMPULAN

Persentase cabai patah dan lama waktu penyimpanan berpengaruh terhadap susut bobot dan laju respirasi, sedangkan persentase cabai patah berpengaruh terhadap peningkatan susut bobot, penurunan kadar air, penurunan warna, penurunan tekstur, dan peningkatan laju respirasi cabai merah keriting selama masa penyimpanan. Persentase cabai patah 4% merupakan persentase minimal yang dapat memberikan pengaruh nyata terhadap mutu fisik dan laju respirasi cabai merah keriting, dengan kualitas mutu yang mendekati perlakuan kontrol (0%) hingga hari penyimpanan ke-4 yakni: susut bobot sebesar 22,36%; kadar air sebesar 72,26%, nilai L* sebesar 33,1; nilai a* sebesar 48,3; nilai b* sebesar 34,1, tekstur sebesar 34,08 N, dan laju respirasi sebesar 17.46 mgCO₂/kg.jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, R. R., N. Hairiyah, dan N. Nuryati. 2018. Analisis Kerusakan Mekanis dan Umur Simpan pada Rantai Pasok Buah di Kabupaten Tanah Laut. *Teknologi dan Manajemen Agroindustri* 7(2).
- Anjayani, D., dan E. Ambarwati. 2021. Mutu dan Daya Simpan Buah Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) Sebagai Tanggapan Terhadap Berbagai Jenis Pupuk Hayati. *Vegetalika* 10(3).
- Arti, M. I., dan A. N. H. Manurung. 2018. Pengaruh Etilen Apel Dan Daun Mangga Pada Pematangan Buah Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* Formatypica). *Jurnal Pertanian Presisi* 2(2).
- Azis, S. F. 2014. Perbandingan Antara Durasi Waktu Pembakuan Terhadap Terjadinya Pembusukan Jaringan Paru-Paru Pada Kelinci. Laporan Hasil Karya Tulis Ilmiah Universitas Diponegoro. http://eprints.undip.ac.id/44885/1/Syifa_Fauziyah_Azis_22010110110068_BAB_OKTI.pdf. Diakses tanggal: 15 Juni 2022
- Badan Pusat Statistik. 2020. Poduksi Tanaman Sayuran 2016-2020. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/2/produksi-tanaman-sayuran.html>. Diakses tanggal: 30 November 2021
- Bintoro, N. 2013. Analisis Matematis Laju Respirasi dan Perubahan Sifat Fisk Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) Dibawah Pengaruh Vibrasi dan Suhu Penyimpanan. Tesis S2. Tidak dipublikasikan. Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Yogyakarta.
- David, J. 2018. Teknologi untuk Memperpanjang Masa Simpan Cabai. *Pertanian Agros* 20(1).
- Erawati, C. M. 2006. Kendali Stabilitas Beta Karoten Selama Proses Produksi Tepung Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.). Tesis S2. Tidak dipublikasikan. Program Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Fauziah, D., Sumartini, dan A. Asgar. 2016. Pengaruh Suhu Penyimpanan Dan Jenis Kemasan Serta Lama Penyimpanan Terhadap Karakteristik Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) Organik. Skripsi S1. Tidak dipublikasikan. Fakultas Teknik UNPAS. Bandung.
- Fauziah, I. A. N., Zackiyah, dan H. Sholihin, 2021. Pengaruh Penggunaan 1-metilsiklopropena Terhadap Kualitas

- Buah Klimakterik Pasca Panen. *Jurnal Chemica Isola* 1(2).
- Fuadati, A. Z. 2018. Karakter Morfologi, Fisiologi Dan Gen Ccs (*Capsanthin-Capsurobin Synthase*) Pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens*) Mutan G1M6. Skripsi S1. Tidak dipublikasikan. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya. Malang.
- Fuadi, A. M., K. Harismah, dan A. Setiawan. 2015. Pengaruh Suhu dan PH Terhadap Banyaknya Yiels (Kadar Glukosa) Yang Dihasilkan Pada Proses Hidrolisis Enzimatis Dari Limbah Kertas. Simposium Nasional RAPI XIV Fakultas Teknik UNS. Diakses tanggal: 12 Juni 2022.
- Gardjito, M., M. Adnan, dan Tranggono. 2006. Biosintesis Etilen Luka Pada Irisan Mesokarp Labu Kuning. *Jurnal AGRITECH* (26)1.
- Gardjito, M., M. Adnan, dan Tranggono. 2006. Etilen Luka, Aktivitas Enzim Peroksidase, Polifenol Oksidase, dan Fenil Alanin Liase Pada Irisan Mesokarp Labu Kuning. *Jurnal AGRITECH* (26)1.
- Harahap, F. 2012. Fisiologi Tumbuhan: Suatu Pengantar. UNIMED press. Medan
- Iswari, K., dan Srimaryati. 2014. Pengaruh Gibberelin dan Jenis Kemasan untuk Menekan Susut Cabai Kopay Selama Pengangkutan Jarak Jauh. *Pascapanen* 11(2).
- Jonathan, R. 2011. Perubahan Kandungan B-Karoten Dan Warna Pada Cabai Rawit Merah (*Capsicum Frutescens L.*) Selama Pengeringan Dengan Menggunakan *Cabinet Dryer, Solar Tunnel Dryer, Dan Freeze Dryer* Skripsi S1. Tidak dipublikasikan. Fakultas Teknologi Pertanian Unika Soegijapranata. Semarang.
- Jumeri, Suhardi, dan Tranggono. 1997. Pola Produksi Etilen, Respirasi Dan Sifat Sensoris Beberapa Buah Pada Kondisi Udara Terkendali. *Jurnal Agritech* 17(3)
- Kato, M., Y. Hayakawa, H. Hyodo, Y. Ikoma, dan M. Yano, 2000. Wound-Induced Ethylene Synthesis and Expression and Formation of 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylate (ACC) Synthase, ACC Oxidase, Phenylalanine Ammonia-Lyase, and Peroxidase in Wounded Mesocarp Tissue of Cucurbita maxima. *Plant Cell Physiol* 41(4): 440-447.
- Kemendag. 2016. Profil Komoditas Cabai Merah Besar. Kementerian perdagangan. https://ews.kemendag.go.id/file/commodity/120116_ANK_PKM_DSK_Cabai%20Merah%20Besar%201.1.pdf. Diakses tanggal: 18 Desember 2021
- Kusnadi, J., D. W. Andayani, E. Zubaidah, dan E. L. Arumingtyas. 2019. Ekstraksi Senyawa Bioaktif Cabai Rawit (*Capsicum frutescens L.*) Menggunakan Metode Ekstraksi Gelombang Ultrasonik. *Teknologi pertanian*. 20(2).
- Kusnadi, J., Dedi, Yunianta, dan E. L. Arumingtyas. 2017. Ekstraksi Senyawa Fenil Dan Aktivitas Antioksidan Dari Buah Cabai Rawit Dengan Metode *Microwave Assisted Extraction* Teknologi pertanian. 18(3).
- Lamona, A. 2015. Penggunaan Jenis Kemasan Dan Suhu Yang Berbeda Untuk Penyimpanan Sementara Cabai Merah Keriting (*Capsicum annum L.*) Segar” Tesis S2. Tidak dipublikasikan. Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor
- Lapasi, A., L. C. C. E. Lengkey, dan B. R. A. Sumayku. 2020. Pengemasan Vakum Cabai Rawit (*Capsicum frutescens L.*) Pada Tingkat Kematangan Yang Berbeda. *Cocos* 4(4).
- Muchtadi, R. 2011. Jenis, Varietas, dan Sumber Bahan Pangan Nabati Sayuran dan Buah-buahan. Bahan Ajar Program Studi Teknologi Pangan Universitas Terbuka. <http://repository.ut.ac.id/4555/1/PANG4211-M1.pdf>
- Noviyanti, T., P. Ardiningsih, dan W. Rahmalia. 2012. Pengaruh Temperatur Terhadap Aktivitas Enzim Protease Dari Sansakng (*Pycnarrhena cauliflora* Diels). *Jurnal Kimia Khatulistiwa* 1(1).
- Oceanic, I. A. M., I. B. P. Gunadnya, dan I. W. Widia. 2017. Pendugaan Waktu Kadaluwarsa Pendistribusian Manisan Salak Menggunakan Metode Q₁₀. *BETA* 5(1).
- Prabawa, A. A., E. H. Utomo, dan Abdullah. 2012. Produksi Enzim Invertase Oleh *Saccharomyces Cerevisiae* Menggunakan Substrat Gula Dengan Sistem Fermentasi Cair. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 1(1).

- Pudja, I. A. R. P., I. W. Widia, dan I. B. P. Gunadnya. 2014. Pengembangan Teknologi Rantai Pendingin Sederhana Untuk Mempertahankan Mutu Sayuran Dataran Tinggi di Bali Selama Pendistribusiannya. Penelitian Hibah Bersaing Universitas Udayana. https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_riwayat_penelitian_1_dir/6538bf45a40ac6fafbc84d774300e161.pdf. Diakses tanggal: 8 Januari 2022
- Rakatika, R. R., dan D. Hernawati, 2014. Perbedaan Konsumsi Oksigen (O₂) Pada Proses Respirasi Kecambah. Penelitian Internal Universitas Siliwangi Tasikamalaya. <http://repositori.unsil.ac.id/1268/1/PERBEDAAN%20KONSUMSI%20OKSIGEN%20%28O2%29%20PADA%20PROSES%20RESPIRASI%20KECAMBAH.pdf>. Diakses tanggal: 15 Juni 2022
- Rozana, D. Perdana, dan O. N. Sigirio. 2021. Simulasi Transportasi Tomat dan Perubahan Mutu Tomat Selama Penyimpanan. *Journal of Food AND Agroindustry* 3(1).
- Roziqin, M. K. 2016. Respon Kualitas Penyimpanan Cabai Merah Keriting (*Capsicum annuum* L.) Pada Berbagai Suhu Penyimpanan. Skripsi S1. Tidak dipublikasikan. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor
- Sudjatha, W., dan N. W. Wisaniayasa. 2017. Fisiologi dan Teknologi Pascapanen (Buah dan Sayuran). Bahan Ajar Program Studi Teknologi Pangan Universitas Udayana. https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_1_dir/5a94de099035226762337819ae48a270.pdf.
- Tampubolon, B. E., I. A. R. P. Pudja, dan I. B. P. Gunadnya. 2022. Pengaruh Ketebalan Plastik Polietilen Densitas Rendah sebagai Bahan Pengemas terhadap Mutu Peterseli (*Petroselinum crispum* L.) selama Penyimpanan Suhu Dingin. *Jurnal Biosisten dan Teknik Pertanian* 10(1).
- Wiraatmaja, I. W. 2016. Respirasi dan Fotorespirasi. Bahan Ajar Program Studi Agroteknologi Universitas Udayana. https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_1_dir/a290bd37e6b2bda3509fb0259b57f739.pdf. Diakses tanggal: 15 Desember 2021
- Wiraatmaja, I. W. 2017. Giberelin, Etilen, dan Pemakaiannya dalam Bidang Pertanian. Bahan Ajar Program Studi Agroteknologi Universitas Udayana. https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_1_dir/ecf04bc8582d51a339a801fac91b59a1.pdf. Diakses tanggal: 22 Desember 2021