

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Cabai merupakan salah satu tanaman hortikultura yang berasal dari anggota genus *capsicum*. Cabai sendiri terdiri dari beberapa jenis, namun di Indonesia hanya beberapa jenis cabai yang di kenal oleh masyarakat yaitu cabai besar, cabai keriting, cabai rawit, dan paprika. Cabai yang digunakan dalam penelitian adalah cabai varietas amro yang tergolong dalam jenis cabai keriting. Setelah dipanen, cabai masih melakukan proses respirasi dalam mempertahankan sistem fisiologisnya sehingga terlihat segar. Salah satu upaya dalam mempertahankan kesegaran cabai atau memperpanjang umur simparmya adalah menggunakan teknik iradiasi.

Iradiasi pangan merupakan metode penyinaran terhadap bahan pangan dengan ionisasi untuk mencegah terjadinya pembusukan dan kerusakan, membebaskan pangan dari jasad renik patogen serta mencegah pertumbuhan tunas (Permenkes, 2009). Iradiasi juga dapat dimanfaatkan untuk menunda pematangan beberapa jenis buah-buahan dan sayuran yang dimungkinkan karena terjadinya perubahan pada fisiologi jaringan buah atau sayuran. Iradiasi gamma telah direkomendasikan untuk meningkatkan *shelf life* pada buah segar seperti papaya (Paull, 1996). Iradiasi ini diperoleh melalui penggunaan radioisotop Cobalt-60 atau Cesium-137. Iradiasi pangan menggunakan Co-60 merupakan metode yang banyak digunakan karena tingkat kebocoran pallet yang rendah (Alatas dkk., 2012). Iradiasi dilaporkan dapat menyebabkan perubahan kimia dalam komponen

dinding sel seperti pektin, selulosa, dan hemi selulosa yang berpengaruh terhadap tekstur buah blewah yaitu terjadi pelunakan jaringan namun tidak secara signifikan (Boynton, 2004).

Setiap tujuh hari sampel akan dilakukan pengamatan. Pengamatan dilakukan pada hari ke-1, ke-7, ke-14. Parameter yang diamati menguji perubahan fisik buah cabai merah (susut bobot, kekerasan, kerusakan, dan warna), kimia (gula reduksi), dan biologis (mikrobiologi).

#### **A. Perubahan Fisik Buah Cabai**

Cabai merah mengandung air sangat banyak antara 80-90% sehingga sangatlah mudah mengalami kerusakan karena benturan-benturan fisik (I Made, 2001). Kerusakan fisik dapat terjadi pada seluruh tahapan dari kegiatan sebelum panen, selanjutnya pemanenan, penanganan, grading, pengemasan, transportasi, penyimpanan, dan akhirnya sampai ke tangan konsumen. Kerusakan yang umum terjadi adalah memar, terpotong, adanya tusukan-tusukan, bagian yang pecah, lecet dan abrasi. Kerusakan dapat pula ditunjukkan oleh dihasilkannya stress metabolat (seperti getah), terjadinya perubahan warna coklat dari jaringan rusak, menginduksi produksi gas etilen yang memacu proses kemunduran produk. Secara morfologis pada jaringan luar permukaan buah mengandung bukaan-bukaan (lubang) alami yang dinamakan stomata dan lentisel. Stomata adalah bukaan alami khusus yang memberikan jalan adanya pertukaran uap air, CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dengan udara sekitar produk. Tidak seperti stomata yang dapat membuka dan menutup, lentisel tidak dapat menutup.

Melalui lentisel ini pula terjadi pertukaran gas dan uap air. Kehilangan air secara potensial terjadi melalui bukaan-bukaan alami ini

Hasil rerata persentase perubahan fisik cabai merah tersaji pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Rerata Persentase Perubahan Fisik Cabai Merah Hari ke-14

Perlakuan	Susut bobot (%)	Kekerasan (N/m <sup>2</sup> )	Warna	Kerusakan (%)
R0	23,73a	20,13ab	5 R 3/4	60,00
R1	14,26b	19,99ab	5 R 3/4	53,33
R2	13,92b	20,40a	5 R 3/4	73,33
R3	14,88b	17,60ab	5 R 3/4	60,00
R4	15,91b	19,12ab	5 R 3/4	66,66
R5	14,95b	16,94 b	5 R 3/4	60,00

Keterangan: Angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada yang beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5%.

R0 = tanpa iradiasi sinar gamma (kontrol)

R1 = iradiasi dosis sinar gamma 0,25 kGy

R2 = iradiasi dosis sinar gamma 0,50 kGy

R3 = iradiasi dosis sinar gamma 0,75 kGy

R4 = iradiasi dosis sinar gamma 1 kGy

R5 = iradiasi dosis sinar gamma 1,25 kGy

### 1. Susut Bobot

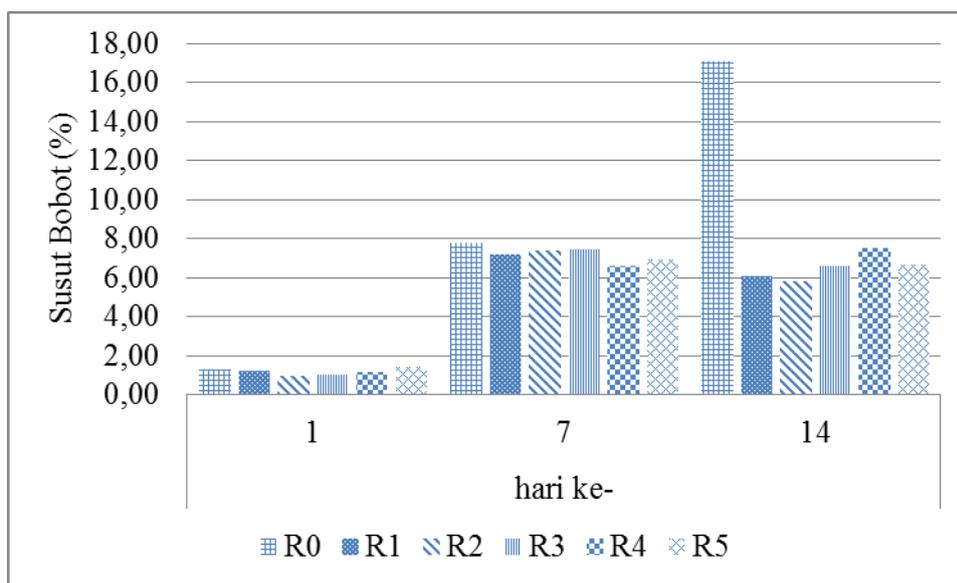
Selama penyimpanan, produk hortikultura pascapanen akan mengalami penurunan bobot. Penurunan bobot ini disebabkan oleh proses respirasi dan transpirasi yang terjadi dalam buah maupun sayur. Proses respirasi merupakan proses penyerapan oksigen dari udara untuk memecah karbohidrat menjadi air dan karbondioksida (Soesanto, 2006). Sedangkan transpirasi merupakan proses transfer massa dimana uap air bergerak dari permukaan buah atau sayuran ke udara sekitar. Proses hilangnya air menyebabkan kelayuan, penyusutan, serta hilangnya crispiness dari buah dan sayuran. Hal ini dapat mempengaruhi penampilan, tekstur, rasa, dan massa dari produk buah dan sayur tersebut (Burton,

1982).

Selama proses penyimpanan, seluruh sampel mengalami penurunan bobot dengan tingkat yang berbeda-beda untuk masing-masing perlakuan. Berdasarkan hasil sidik ragam, menunjukkan adanya beda nyata antara perlakuan iradiasi sinar gamma (dosis 0,25 kGy, 0,50 kGy, 0,75 kGy, 1 kGy, 1,25 kGy) dibandingkan dengan kontrol (tanpa iradiasi sinar gamma) terhadap pola penurunan susut bobot (Lampiran 3a). Pada perlakuan kontrol, susut bobot 23,73% yang menunjukkan susut bobot paling besar. Sedangkan pada perlakuan iradiasi sinar gamma (dosis 0,25 kGy, 0,50 kGy, 0,75 kGy, 1 kGy, 1,25 kGy) tidak terdapat beda nyata.

Pada perlakuan iradiasi sinar gamma dosis 0,50 kGy menunjukkan penyusutan bobot yang paling kecil yaitu sebesar 13,92%. Hal tersebut disebabkan oleh proses ionisasi akibat radiasi telah menyebabkan karakteristik fisik dan fungsi molekul sel menjadi berubah. Ionisasi menghasilkan radikal bebas yang dapat memecah ikatan kimia dan DNA mikroba sehingga proses fisiologis buah (pematangan dan pembusukan) berjalan melambat. Karena proses respirasi buah terhambat, maka komponen massa yang menguap atau hilang menjadi semakin sedikit.

Perubahan persentase susut bobot buah cabai merah keriting selama masa penyimpanan tersaji dalam gambar 2.



Keterangan :

R0 = tanpa iradiasi sinar gamma (kontrol)

R1 = iradiasi dosis sinar gamma 0,25 kGy

R2 = iradiasi dosis sinar gamma 0,50 kGy

R3 = iradiasi dosis sinar gamma 0,75 kGy

R4 = iradiasi dosis sinar gamma 1 kGy

R5 = iradiasi dosis sinar gamma 1,25 kGy

Gambar 2. Perubahan Persentase Susut Bobot Pada Buah Cabai Merah Keriting Selama Masa Penyimpanan

Berdasarkan gambar 2, selisih susut bobot buah cabai merah keriting pada hari ke-14 menunjukkan nilai persentase yang berbeda pada semua perlakuan dibandingkan dengan kontrol. Pada kontrol menunjukkan nilai selisih susut bobot sebesar 17,08 %, sehingga kontrol mengalami penyusutan bobot yang paling besar. Antar perlakuan radiasi sinar gamma menunjukkan nilai selisih susut bobot yang tidak signifikan, namun perlakuan radiasi sinar gamma dosis 0,50 kGy menunjukkan nilai selisih susut bobot yang paling kecil yaitu sebesar 5,82 %. Semakin besar selisih susut bobot buah maka kualitas pada buah cabai semakin

menurun, sedangkan semakin kecil selisih susut bobot buah makan menunjukkan kualitas buah cabai yang bagus.

Secara fisiologis bagian tanaman yang dipanen dan dimanfaatkan untuk konsumsi segar adalah masih hidup, dicirikan dengan adanya aktivitas metabolisme yang dinamakan respirasi. Respirasi berlangsung untuk memperoleh energi untuk aktivitas hidupnya. Dalam proses respirasi ini, bahan utamanya berupa karbohidrat kompleks yang dirombak menjadi bentuk karbohidrat yang paling sederhana (gula) selanjutnya dioksidasi untuk menghasilkan energi. Hasil sampingan dari respirasi ini adalah  $\text{CO}_2$ , uap air dan panas (Salunkhe dan Desai, 1984; Dwiari, 2008). Semakin tinggi laju respirasi maka semakin cepat pula perombakan-perombakan tersebut yang mengarah pada kemunduran dari produk tersebut. Air yang dihasilkan ditranspirasikan melalui bukaan-bukaan (lubang) alami yang dinamakan stomata dan lentisel. Melalui lubang ini terjadi pertukaran gas dan uap air yang menyebabkan pelayuan dan pengkerutan buah yang dapat mengurangi penerimaan konsumen.

Selain itu, adanya gangguan dari aspek patologis yaitu pertumbuhan mikroorganisme pembusuk yang terinfeksi selama pertumbuhan di lapangan dan penyimpanan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi susut bobot pada buah. Terjadinya proses metabolisme yang dilakukan oleh mikroorganisme menjadi alasan penurunan susut bobot buah pada penelitian ini. Karbohidrat atau senyawa kompleks lainnya dirombak oleh mikroorganisme sebagai sumber energi untuk berkembang biak, dan hasil dari perombakan berupa ATP,  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{CO}_2$ .

Pada kondisi aerobik dapat menggunakan molekul oksigen sebagai penerima elektron akhir selama metabolisme, karbohidrat untuk menghasilkan piruvat yang mana dapat dioksidasi secara lengkap melalui dekarboksilasi oksidatif untuk menghasilkan H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> dan sejumlah ATP (Tatang dan Wardah, 2014). Produk dari metabolisme oleh mikroorganisme tersebut adalah air.

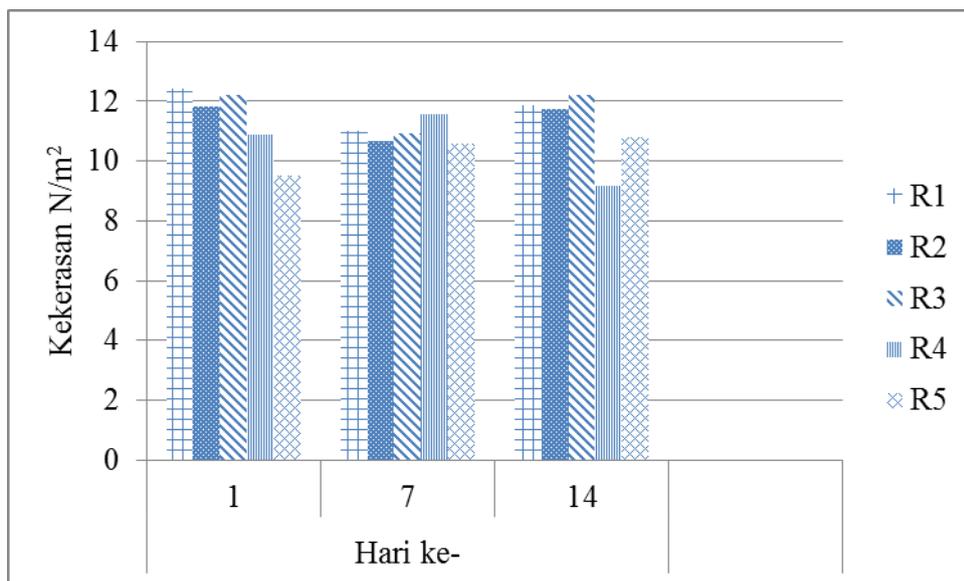
Massa buah cabai merah yang diradiasi pada dosis 0,25-1,25 kGy secara signifikan berkurang sekitar 5,82-7,52 %. Dengan kata lain, pengurangan massa pada sampel yang diradiasi berjalan lebih lambat dibandingkan pada sampel kontrol. Hal ini menyatakan bahwa radiasi gamma mampu memperlambat proses fisiologis buah cabai merah selama masa penyimpanan dibandingkan dengan tanpa diradiasi. Radiasi sinar gamma mampu memperlambat penyusutan bobot pada buah cabai merah selama masa penyimpanan secara nyata dibandingkan dengan kontrol.

## **2. Kekerasan**

Perubahan kekerasan merupakan salah satu perubahan fisiologi yang terjadi sebagai akibat langsung dari kehilangan air pada produk hortikultura, seperti di cabai merah keriting. Semakin menurun kekerasan maka kerusakannya semakin tinggi yang akan menyebabkan menurunnya kualitas dari cabai merah keriting. Pada penelitian ini pengukuran tekstur cabai dilakukan menggunakan *pnetrometer hand*. Kekerasan cabai diukur berdasarkan daya tahan terhadap tekanan yang diberikan hingga dinding bagian luar sampel berlubang.

Hasil analisis sidik ragam kekerasan pada pengamatan hari ke-14

menunjukkan beda nyata pada semua perlakuan. Pada perlakuan radiasi sinar gamma dosis 0,50 kGy cenderung menunjukkan nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu sebesar 20,40 N/m<sup>2</sup>. Sedangkan pada perlakuan radiasi sinar gamma dosis 1,25 kGy menunjukkan nilai kekerasan yang paling rendah yaitu sebesar 16,94 N/m<sup>2</sup> (Lampiran 3b). Penurunan tingkat kekerasan cabai selama penyimpanan sesuai dengan penelitian Vicente *et al.* (2005). Perubahan tekstur buah disebabkan oleh aktivitas enzim yang merombak senyawa pektin yang tidak larut dalam air (protopektin) menjadi senyawa pektin yang larut dalam air sehingga tekstur buah menjadi lunak. Menurut Purnomo (2008), kadar air suatu bahan pangan dapat mempengaruhi kekerasannya. Semakin lama cabai merah segar disimpan maka terjadi penurunan nilai kekerasannya. Penurunan ini berhubungan dengan kadar air yang dikandung oleh cabai merah segar tersebut, semakin lama cabai merah segar disimpan maka semakin menurun kadar air yang dikandung oleh cabai tersebut (Sembiring, 2009). Kekerasan buah cabai menjadi lunak dan keriput disebabkan oleh oksidasi pektin pada saat pematangan. Pektin tidak mampu lagi mengikat air pada buah cabai sehingga air yang keluar semakin besar dan mengakibatkan tekstur buah cabai menjadi lunak dan keriput. Sesuai dengan pernyataan Tranggono dan Sutardi (1989) bahwa perubahan kekerasan buah disebabkan oleh aktifitas enzim pektin metilesterase dan poligalaktorasa yang merombak senyawa pektin yang tidak larut dalam air menjadi senyawa pektin yang larut dalam air sehingga kekerasan buah menjadi lunak. Perubahan nilai kekerasan selama masa penyimpanan disajikan pada gambar 3.



Keterangan :

R0 = tanpa iradiasi sinar gamma (kontrol)

R1 = iradiasi dosis sinar gamma 0,25 kGy

R2 = iradiasi dosis sinar gamma 0,50 kGy

R3 = iradiasi dosis sinar gamma 0,75 kGy

R4 = iradiasi dosis sinar gamma 1 kGy

R5 = iradiasi dosis sinar gamma 1,25 kGy

Gambar 3. Perubahan Kekerasan Buah Cabai Merah Selama Masa Penyimpanan

Berdasarkan pengamatan, perubahan nilai kekerasan selama masa penyimpanan (Gambar 3), semua perlakuan menunjukkan nilai kekerasan yang cenderung lunak di setiap hari pengamatan (hari ke-1, ke-7, dan ke-14). Hal ini terlihat dari garis linier yang cenderung menurun. Pada pengamatan hari ke-1 perlakuan sinar gamma dosis 0,25 kGy dan 0,75 kGy menunjukkan nilai kekerasan yang cenderung keras yaitu sebesar 12,42 % dan 12,22 %, sedangkan pada hari ke-7 perlakuan sinar gamma dosis 0,25 kGy dan 1,00 kGy memiliki nilai kekerasan cenderung keras yaitu sebesar 11,01 % dan 11,56 %. Pada pengamatan hari ke-14 perlakuan sinar gamma dosis 0,50 kGy menunjukkan nilai

kekerasan paling besar yaitu 12,19 % dibandingkan dengan perlakuan lainnya yang memiliki nilai kekerasan berkisar 10 N/m<sup>2</sup>.

### **3. Warna**

Cabai merah keriting merupakan komoditas sayuran yang mudah mengalami perubahan selama penyimpanan. Salah satu indikator perubahan tersebut adalah warna. Cabai selama penyimpanan diukur perubahan warnanya menggunakan *Muncel Plant Color Chart*. Adapun hasil perubahan warna buah cabai merah keriting selama masa penyimpanan disajikan dalam tabel 6.

Berdasarkan tabel 6, terlihat adanya perubahan warna pada buah cabai merah keriting. Pada pengamatan hari ke-0 dan hari ke-1 tidak menunjukkan perubahan warna yang signifikan dengan indeks warna 25 % atau masih berwarna merah terang. Pada pengamatan hari ke-7 menunjukkan adanya perubahan warna merah kehitaman namun berbeda-beda skalanya. Pada hari ke-14 menunjukkan perubahan warna cabai dari warna merah terang ke warna merah gelap. Hal ini juga ditunjukkan oleh indeks warna mencapai 50 % dan 58,33 % (merah hitam). Pada hari ke-7 sampai hari ke-14, perlakuan yang cenderung lebih cepat berubah ke merah gelap adalah perlakuan radiasi sinar gamma dosis 0,75 kGy.

Perubahan warna merupakan perubahan yang paling terlihat pada proses pematangan buah karena terjadinya sintesis dari pigmen tertentu seperti karotenoid dan flavonoid, disamping terjadinya perombakan klorofil. Perombakan klorofil menyebabkan pigmen karotenoid yang sudah ada namun tidak nyata menjadi nampak (Winarno, 2002). Warna yang ada pada buah disebabkan oleh

Tabel 6. Perubahan Warna Buah Cabai Merah Selama Masa Penyimpanan

Hari ke-	Perlakuan	Indeks Warna	Skor Warna
1	R0 kontrol	5 R 3/10 	1
	R1 dosis 0,25	5 R 3/10 	1
	R2 dosis 0,50	5 R 3/10 	1
	R3 dosis 0,75	5 R 3/10 	1
	R4 dosis 1,00	5 R 3/10 	1
	R5 dosis 1,25	5 R 3/10 	1
7	R0 kontrol	5 R 3/10 	1
	R1 dosis 0,25	5 R 3/10 	1
	R2 dosis 0,50	5 R 3/10 	1
	R3 dosis 0,75	5 R 3/8 	2
	R4 dosis 1,00	5 R 3/8 	2
	R5 dosis 1,25	5 R 3/8 	2
14	R0 kontrol	5 R 3/4 	4
	R1 dosis 0,25	5 R 3/4 	4
	R2 dosis 0,50	5 R 3/4 	4
	R3 dosis 0,75	5 R 3/4 	4
	R4 dosis 1,00	5 R 3/4 	4
	R5 dosis 1,25	5 R 3/4 	4

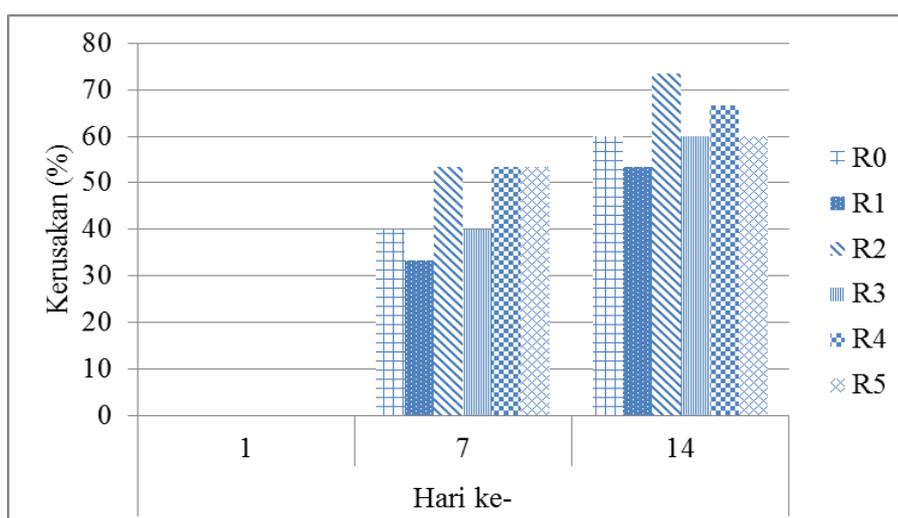
Keterangan : R = Red

pigmen yang dikandungnya, pembentukan pigmen dipengaruhi oleh suhu, karbohidrat, dan sinar. Suhu yang tinggi memicu pembentukan likopen. Sinar berpengaruh terhadap pembentukan pigmen klorofil, antosianin dan karotenoid. Sedangkan karbohidrat diperlukan sebagai bahan mentah dalam sintesis pigmen (Winarno, 1997; Lathifa, 2013). Warna pada cabai merah dikendalikan oleh beberapa senyawa karotenoid seperti *capsanthin*, *capsomin* dan *Xanthophylls* untuk warna merah, sedangkan warna kuning orange oleh senyawa *B-karoten* dan *zeaxanthin* (Ittah *et al.* 1993). Aktivitas metabolisme yang terjadi pada cabai merah keriting selama penyimpanan sangat mempengaruhi perubahan warna yang terjadi. Pigmen klorofil yang terdapat pada cabai merah keriting dirombak perlahan-lahan menjadi pigmen antosianin selama proses pematangan. Pigmen ini akan dirombak kembali hingga warna buah menjadi kecoklatan atau rusak. Laju respirasi yang tinggi juga akan menyebabkan degradasi klorofil dan sintesis pigmen menjadi cepat, akibatnya akan mempercepat perubahan warna (Musaddad, 2002; Lathifa, 2013). Menurut penelitian Lathifa (2013) yang melakukan pengamatan kecerahan buah tomat selama 10 hari menyatakan kecerahan buah tomat mengalami penurunan, warna buah tomat semakin gelap selama penyimpanan. Pigmen klorofil dan karotenoid merupakan senyawa stabil yang tetap ada dalam jaringan hingga *senescense* (Mikasari, 2004). Sintesis karotenoid ditutupi oleh klorofil selama tahap perkembangan tanaman, saat klorofil terdegradasi barulah pigmen karotenoid terlihat (Mikasari, 2004). Penurunan karotenoid ini ditandai dengan perubahan tekstur yang semakin lunak

(Mikasari, 2004). Dari hasil data pada tabel 8 menunjukkan bahwa tidak terjadi perbedaan yang nyata pada perubahan warna buah cabai, sehingga pemberian perlakuan radiasi sinar gamma tidak memberikan pengaruh yang signifikan dibandingkan dengan kontrol.

#### 4. Kerusakan

Penanganan pasca panen buah dan sayur bertujuan untuk mempertahankan umur simpan buah dan sayur. Buah dan sayuran yang telah dipanen masih mengalami proses-proses fisiologis, seperti respirasi dan transpirasi, apabila tidak dikendalikan akan mempercepat kerusakan buah dan sayur sehingga memperpendek umur simpan komoditas. Pengamatan kerusakan pada buah cabai merah keriting dilakukan pada hari ke-1, ke-7, dan ke-14 yang diamati berdasarkan nilai mutu Visual atau *Visual Quality Rating (VQR)* menggunakan metode skala *scoring*. Adapun hasil pengamatan kerusakan pada cabai merah keriting semua perlakuan disajikan pada gambar 4.



Keterangan :

R0 = tanpa iradiasi sinar gamma (kontrol)

R1 = iradiasi dosis sinar gamma 0,25 kGy

R2 = iradiasi dosis sinar gamma 0,50 kGy

R3 = iradiasi dosis sinar gamma 0,75 kGy

R4 = iradiasi dosis sinar gamma 1 kGy

R5 = iradiasi dosis sinar gamma 1,25 kGy

Gambar 4. Persentase Kerusakan Pada Cabai Merah

Berdasarkan gambar 4, menunjukkan bahwa semua perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata pada persentase kerusakan buah cabai merah keriting. Pada hari ke-14, sampel yang diberikan perlakuan radiasi sinar gamma dosis 0,25 kGy cenderung menunjukkan nilai persentase kerusakan yang lebih kecil yaitu sebesar 53,33 %. Sedangkan perlakuan yang cenderung menunjukkan nilai persentase kerusakan yang besar adalah perlakuan dengan radiasi sinar gamma dosis 0,50 kGy sebesar 73,33 %. Semakin tinggi nilai persentase kerusakan pada buah maka kualitas buah tersebut semakin rendah. Sedangkan semakin rendah nilai persentase kerusakan maka kualitas buah masih tinggi.

Kerusakan yang terjadi pada buah cabai merah keriting disebabkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme yang merusak jaringan pada buah sehingga kondisi fisiknya mengalami pengkerutan. Kerusakan jaringan yang terjadi akan mempercepat proses respirasi dan transpirasi. Kerusakan pada buah cabai merah keriting dicirikan dengan adanya perubahan warna dari merah segar menjadi coklat dan menyebar menjadi warna hitam yang akhirnya membusuk dan ditumbuhi cendawan. Dari hasil rata-rata pada grafik menunjukkan bahwa iradiasi tidak memberikan pengaruh untuk memperlambat terjadinya kerusakan pada buah

cabai merah selama masa penyimpanan.

## B. Perubahan Kimia Buah Cabai

### 1. Gula Reduksi

Proses metabolisme pada buah tidak berhenti setelah buah tersebut dipanen, reaksi-reaksi kimia masih terus berlangsung. Reaksi-reaksi tersebut tergolong reaksi katabolik atau penguraian senyawa makro molekul menjadi senyawa organik sederhana. Reaksi katabolik yang terjadi adalah respirasi. Salah satu cara mengetahui laju respirasi yaitu melalui pembahan kadar gula, yang disebabkan oleh perombakan polisakarida menjadi gula sederhana, menunjukkan bahwa semakin besar kandungan gula maka semakin tinggi laju respirasinya (Purwanto dan Nur, 2015). Uji gula reduksi dilakukan dengan menggunakan alat *spectrophotometer*, ekstrak buah yang diberi larutan Nelson C dan Arsenomolibat, kemudian dilakukan setiap hari pengamatan dengan selang waktu 7 hari. Adapun hasil rerata persentase gula reduksi pada cabai merah keriting semua perlakuan disajikan pada tabel 7.

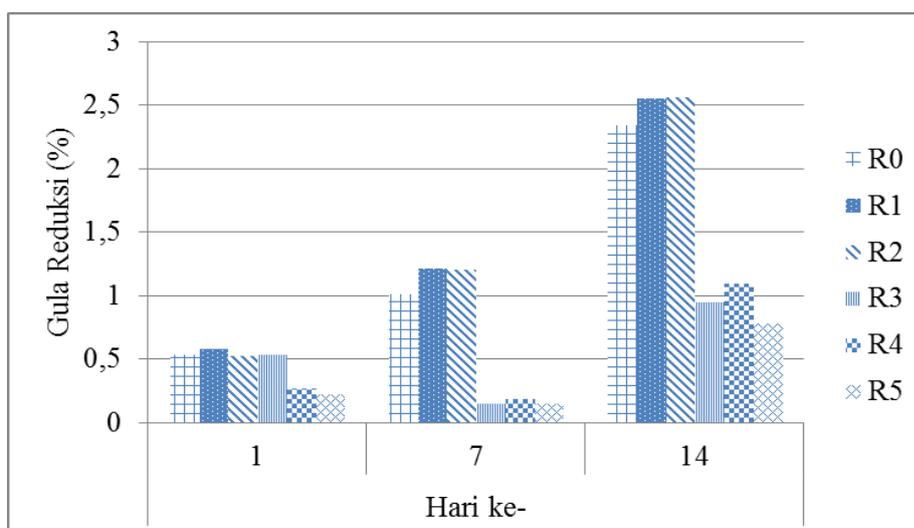
Tabel 7. Hasil Rerata Persentase Perubahan Kimia Cabai Merah

Perlakuan	Gula Reduksi (%)
R0 = tanpa iradiasi sinar gamma (kontrol)	8,40a
R1 = iradiasi dosis sinar gamma 0,25 kGy	9,09a
R2 = iradiasi dosis sinar gamma 0,50 kGy	8,14ab
R3 = iradiasi dosis sinar gamma 0,75 kGy	5,60 bc
R4 = iradiasi dosis sinar gamma 1 kGy	4,81 c
R5 = iradiasi dosis sinar gamma 1,25 kGy	4,72 c

Keterangan: Angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada yang beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil sidik ragam gula reduksi, menunjukkan adanya beda nyata antar perlakuan iradiasi sinar gamma (dosis 0,25 kGy, 0,50 kGy, 0,75 kGy, 1,00 kGy, dan 1,25 kGy) dan kontrol (tanpa iradiasi sinar gamma) terhadap pola peningkatan gula reduksi (Lampiran 3c). Pada perlakuan iradiasi sinar gamma dosis 1,25 kGy, 1,00 kGy, dan 0,75 kGy berbeda nyata dengan perlakuan yang lainnya. Perlakuan sinar gamma dosis 0,25 kGy dan kontrol tidak beda nyata. Dengan demikian, kadar degradasi gula reduksi yang tertinggi terjadi pada perlakuan sinar gamma dosis 0,25 kGy, kadar gula reduksi terendah terjadi pada perlakuan sinar gamma dosis 1,25 kGy. Hal tersebut dikarenakan proses ionisasi sinar gamma mampu mengurangi laju respirasi sehingga dapat mencegah penurunan total padatan terlarut selama penyimpanan. Penurunan total padatan terlarut pada cabai selama penyimpanan diduga disebabkan karena terjadinya proses respirasi pada cabai sehingga gula pereduksi terurai menjadi asam piruvat dan menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Wills *et al.*, (2007) dan Novita dkk., (2012) menyebutkan bahwa, dalam proses pematangan selama penyimpanan buah, pati seluruhnya dihidrolisis menjadi sukrosa yang kemudian berubah menjadi gula-gula reduksi sebagai substrat dalam proses respirasi. Menurut Muchtadi, *et al.* (2010) dan Marlina (2014) buah yang memiliki kandungan pati yang sangat sedikit tidak dapat diharapkan selama penyimpanan kadar gulanya akan meningkat. Matto *et al* (1993); Latifah (2000) dan Anugerah (2012) menyatakan bahwa selama proses pemasakan buah, TPT akan mengalami peningkatan akibat meningkatnya konsentrasi senyawa-senyawa terlarut dalam buah terutama gula.

Perlakuan sinar gamma 0,25 kGy menunjukkan peningkatan kadar gula reduksi. Pada perlakuan kontrol dan perlakuan sinar gamma 0,50 kGy juga mengalami peningkatan, sedangkan perlakuan sinar gamma 0,75; 1,00; 1,25 kGy mengalami peningkatan dihari ke-1 dan penurunan pada hari ke-7 sedangkan hari ke- 14 mengalami peningkatan kembali. Pada hari ke-14 perlakuan sinar gama dosis 1 dan 1,25 kGy mengalami gula reduksi terendah karena proses laju respirasi terhambat sehingga perombakan pati menjadi gula juga berjalan lambat dan akhirnya kerusakan buah cabai merah keriting dapat ditekan. Adapun hasil pengamatan gula reduksi pada cabai merah keriting semua perlakuan disajikan pada gambar 5.



Keterangan :

R0 = tanpa iradiasi sinar gamma (kontrol)

R1 = iradiasi dosis sinar gamma 0,25 kGy

R2 = iradiasi dosis sinar gamma 0,50 kGy

R3 = iradiasi dosis sinar gamma 0,75 kGy

R4 = iradiasi dosis sinar gamma 1 kGy

R5 = iradiasi dosis sinar gamma 1,25 kGy

Gambar 5. Persentase Gula Reduksi Pada Cabai Merah

Hal tersebut diduga karenakan buah kekurangan pasokan gula sederhana akibat keberadaan bakteri, sehingganya buah meningkatkan produksi gula sederhana untuk mencukupi kekurangan tersebut. Sedangkan aktivitas bakteri di sini sudah mulai berkembang biak, sehingga diduga bakteri telah mampu menghidrolisis karbohidrat. Sel memproduksi enzim hidrolisis ekstraseluler yang berada di permukaan dinding sel, atau dikeluarkan ke lingkungan dan akan memecah molekul karbohidrat menjadi molekul yang lebih sederhana (Tatang dan Wardah, 2014).

Selanjutnya pada penyimpanan hari ke-7 kandungan gula reduksi pada buah cabai merah keriting mengalami penurunan, hal tersebut diduga karena gula sederhana sudah memasuki tahap siklus kreb yaitu dengan mengubah hasil glikolisis menjadi asam-asam organik dan menghasilkan ATP, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Purwiyanto dan Nur, 2015). Disisi lain, bakteri yang masih beradaptasi mengambil gula sederhana untuk dijadikan sumber energi. Molekul kecil seperti mono dan disakarida serta asam amino dan peptida kecil ditranspor ke dalam sel bakteri hampir tanpa perubahan sistem transpor spesifik, baik dalam bentuk tunggal maupun berkelompok (Tatang dan Wardah, 2014).

Kadar gula reduksi tinggi akan mengakibatkan proses perombakan pati menjadi gula-gula sederhana kurang dapat dihambat sehingga proses perombakan-perombakan yang terjadi berlangsung dengan cepat, kenaikan suhu dapat meningkatkan laju respirasi buah. Kadar gula reduksi rendah juga mengakibatkan laju respirasi cabai berlangsung lambat karena suhu ruang penyimpanan yang

rendah dan relatif stabil sehingga dapat menghambat proses perombakan pati menjadi gula sederhana.

Hasbullah (2008) mengatakan, laju respirasi sangat tergantung pada suhu yang ada disekitarnya. Awal peningkatan respirasi sejalan dengan peningkatan suhu dimana setiap peningkatan suhu  $10^0$  C, laju respirasi meningkat 2 sampai 3 kali. Jika suhu meningkat diatas  $30^0$  C, peningkatan laju respirasi menjadi kecil. Jika suhu terlalu tinggi produk akan mulai mati dan respirasi mulai berhenti atau menurun cepat menuju senescence.

### C. Perubahan Biologi Buah Cabai

#### 1. Uji Mikrobiologi

Uji yang dilakukan uji kuantitatif bakteri yaitu metode plate count (angka lempeng). Uji Angka Lempeng Total (ALT) dilakukan untuk menentukan jumlah atau angka bakteri yang mungkin mencemari suatu produk (Kusuma, 2009). Adapun data mikroba disajikan pada tabel 8.

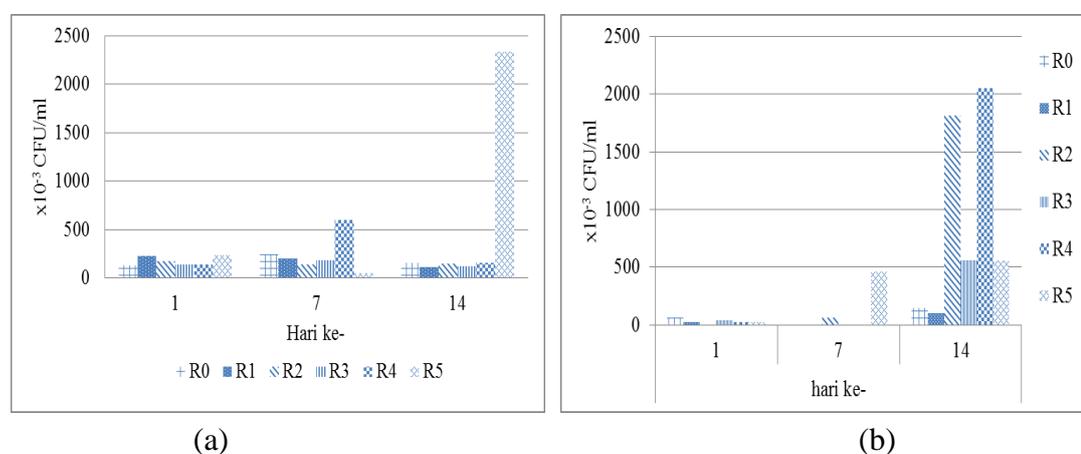
Tabel 8. Hasil Rerata Persentase Uji Mikrobiologi Cabai Merah Hari ke-14

Perlakuan	Media NA ( $\times 10^{-3}$ CFU/ml)	Media PDA ( $\times 10^{-3}$ CFU/ml)	
tanpa iradiasi sinar gamma (kontrol)	157,67 b	145,80	d
iradiasi dosis sinar gamma 0,25 kGy	109,67 b	96,70	d
iradiasi dosis sinar gamma 0,50 kGy	336,00 a	1815,20	b
iradiasi dosis sinar gamma 0,75 kGy	121,00 b	556,00	c
iradiasi dosis sinar gamma 1 kGy	155,67 b	2049,80	a
iradiasi dosis sinar gamma 1,25 kGy	285,67 a	559,70	c

Keterangan: Angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada yang beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil sidik ragam uji mikrobiologi pada media NA (Lampiran 3d) menunjukkan adanya beda nyata antar perlakuan iradiasi sinar gamma (dosis 0,25 kGy, 0,50 kGy, 0,75 kGy, 1 kGy, 1,25 kGy) dibandingkan dengan kontrol (tanpa iradiasi sinar gamma) terhadap pola perkembangan mikroba. Pada media NA, perlakuan iradiasi sinar gamma dosis 0,50 kGy dan 1,25 kGy menunjukkan beda nyata dengan perlakuan lainnya. Sedangkan pada media PDA, iradiasi sinar gamma dosis 1 kGy menunjukkan beda nyata dengan perlakuan lainnya. Pada perlakuan iradiasi sinar gamma dosis 0,50 kGy menunjukkan nilai perkembangan mikroba sebesar 336,00 %, menunjukkan perkembangan mikroba paling besar. Hasil sidik ragam uji mikrobiologi pada media PDA (Lampiran 3e) menunjukkan adanya beda nyata antar perlakuan baik yang di iradiasi maupun kontrol. Pada perlakuan iradiasi sinar gamma dosis 1 kGy menunjukkan nilai perkembangan mikroba paling besar yaitu 2049,80 %. Sedangkan perlakuan iradiasi sinar gamma dosis 0,25 kGy cenderung menunjukkan nilai perkembangan mikroba paling rendah yaitu sebesar 96,70 %. Dengan iradiasi sinar gamma, perkembangan mikroba dapat ditekan, penurunan ini dapat disebabkan oleh pengaruh sinar gamma secara tidak langsung. Bahan yang telah disinari sinar gamma menyebabkan ionisasi dari bagian molekul-molekul air pada bahan (Desrosier, 1988). Ion-ion yang dihasilkan dengan segera merusak mikroorganisme yaitu dengan mengubah struktur membran sel dan mempengaruhi aktifitas metabolisme enzim. Meskipun demikian, pengaruh yang penting adalah pada molekul DNA dan RNA dalam inti sel yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan replikasi,

dimana iradiasi baru jelas terlihat setelah beberapa waktu yaitu ketika ikatan double-helix DNA rusak dan mikroorganismenya tidak dapat bereproduksi (Fellows, 1990). Secara teori, hasil yang diharapkan adalah berkurangnya jumlah mikroba secara logaritmik dengan semakin tingginya dosis iradiasi yang digunakan. Data pertumbuhan mikroba yang dianalisis disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 6.



Keterangan :

R0 = tanpa iradiasi sinar gamma (kontrol)

R1 = iradiasi dosis sinar gamma 0,25 kGy

R2 = iradiasi dosis sinar gamma 0,50 kGy

R3 = iradiasi dosis sinar gamma 0,75 kGy

R4 = iradiasi dosis sinar gamma 1 kGy

R5 = iradiasi dosis sinar gamma 1,25 kGy

Gambar 6. (a) Pertumbuhan Bakteri, (b) Pertumbuhan Jamur

Gambar 6 (a) menunjukkan adanya pertumbuhan bakteri pada buah cabai merah keriting selama masa penyimpanan (hari ke-1 sampai hari ke-14). Perlakuan radiasi sinar gamma dosis 0,25 kGy cenderung menunjukkan jumlah bakteri yang sedikit yaitu  $109,67 \times 10^{-3}$  CFU/ml. Sedangkan pada perlakuan radiasi sinar gamma dosis 1,25 kGy menunjukkan jumlah pertumbuhan bakteri yang paling banyak yaitu  $2335 \times 10^{-3}$  CFU/ml. Pada perlakuan radiasi sinar

gamma dosis 0,50 kGy, 0,75 kGy, 1 kGy dan kontrol cenderung memiliki jumlah pertumbuhan bakteri yang hampir sama. Semakin tinggi jumlah pertumbuhan bakteri maka semakin berpotensi menurunkan kualitas pada buah cabai, sedangkan semakin rendah jumlah pertumbuhan bakteri maka semakin berpotensi untuk menjaga kualitas pada buah cabai.

Pada gambar 6 terlihat dihari ke-14 perlakuan sinar gamma dosis 1,25 kGy menunjukkan nilai bakteri yg tidak beda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan sinar gamma yang dilakukan belum dapat menghambat perkembangan bakteri. Namun pada perlakuan sinar gamma dosis 0,25; 0,75; 1; dan kontrol cenderung menunjukkan berkurangnya jumlahnya bakteri dihari pengamatan yang sama.

Gambar 6 (b) menunjukkan adanya pertumbuhan jamur pada buah cabai merah keriting selama masa penyimpanan (hari ke-0 sampai hari ke-14). Perlakuan radiasi sinar gamma dosis 0,25 kGy cenderung menunjukkan jumlah jamur yang sedikit yaitu  $96,68 \times 10^{-3}$  CFU/ml. Sedangkan pada perlakuan radiasi sinar gamma dosis 1 kGy menunjukkan jumlah pertumbuhan bakteri yang paling banyak yaitu  $2049,83 \times 10^{-3}$  CFU/ml. Semakin tinggi jumlah pertumbuhan jamur maka semakin berpotensi menurunkan kualitas pada buah cabai, sedangkan semakin rendah jumlah pertumbuhan jamur maka semakin berpotensi untuk menjaga kualitas pada buah cabai. Secara umum, jamur dapat didefinisikan sebagai organisme eukariotik yang mempunyai inti dan organel. Jamur tersusun dari hifa yang merupakan benangbenang sel tunggal panjang, sedangkan

kumpulan hifa disebut dengan miselium. Hifa adalah benang halus yang merupakan bagian dari dinding tubuler yang mengelilingi membran plasma dan sitoplasma. Jamur tersusun dari hifa yang merupakan benangbenang sel tunggal panjang, sedangkan kumpulan hifa disebut dengan miselium. Miselium merupakan massa benang yang cukup besar dibentuk dari hifa yang saling membelit pada saat jamur tumbuh. Ketika jamur tumbuh, sel-sel baru ditambahkan ke ujung hifa. Sel-sel hifa memiliki dinding sel tipis terdiri dari kitin.

Pada prinsipnya, penggunaan sinar gamma dalam proses pengawetan bahan pangan adalah menekan/menurunkan jumlah populasi mikroba patogen yang terdapat dalam bahan pangan. Proses pengawetan bahan pangan dengan radiasi sinar gamma meliputi eksitasi dan ionisasi, terjadinya reaksi kimia dan efek biologis pada sel hidup, dan pertumbuhan sel hidup bahan pangan terhambat. Eksitasi adalah keadaan suatu molekul yang peka terhadap pengaruh dari luar karena kelebihan energi. Ionisasi adalah proses penguraian suatu senyawa menjadi ion radikal bebas. Perubahan kimia adalah perubahan yang timbul akibat dari eksitasi, ionisasi, dan reaksi kimia yang terjadi pada saat berlangsung maupun setelah iradiasi. Radiasi pengion memiliki efek biologis bila berinteraksi dengan benda karena dapat mengubah proses kehidupan normal sel dalam benda tersebut. Hal ini terjadi karena radiasi pengion sangat efektif untuk menghambat sintesis DNA yang mengakibatkan proses pembelahan sel terganggu.

Musnahnya bakteri patogen ini disebabkan oleh pengaruh langsung dan tak langsung dari proses iradiasi terhadap bakteri itu sendiri. Dampak pengaruh

langsung radiasi sinar gamma terhadap bahan pangan pada prinsipnya adalah suatu partikel bermuatan bergerak melesat menumbuk suatu bahan biologis yang kompleks maka fungsi biologis kompleks tersebut rusak atau hancur (Desrosier, 1988). Hal tersebut dapat menyebabkan DNA pada bakteri akan pecah menjadi fragmen-fragmen yang tidak berfungsi lagi. Kerusakan DNA ini dapat berupa putusannya ikatan silang rangkaian DNA, terjadi pertukaran atau pemindahan gugus basa serta terbentuk dimer pirimidin. Sedangkan pengaruh tak langsung radiasi sinar gamma terhadap mikroorganisme melalui proses ionisasi, dimana bagian molekul-molekul air dengan pembentukan radikal hydrogen ( $H^+$ ) dan radikal hidroksil ( $OH^{\cdot}$ ) yang sangat reaktif dan dapat bertindak sebagai agen pereduksi atau pengoksidasi sebaik memecah ikatan karbon dengan karbon (Desrosier, 1988). Ion-ion yang dihasilkan pada pangan yang diiradiasi, dengan segera merusak mikroorganisme, yaitu dengan mengubah struktur membrane sel dan mempengaruhi aktivitas metabolisme enzim. Meskipun demikian, pengaruh yang penting adalah pada molekul DNA dan RNA dalam inti sel yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan replikasi. Pengaruh iradiasi baru jelas terlihat setelah beberapa waktu, yaitu ketika ikatan *double-helix* DNA rusak dan mikroorganisme tidak dapat bereproduksi (Fellows, 1990).