

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penanganan Pascapanen Cabai Merah

Umumnya buah cabai merah dipetik apabila telah masak penuh memiliki ciri-ciri seluruh bagian buah berwarna merah atau sekitar 75 % berwarna merah (Moekasan *et al.*, 2005; Sumarni, 2009). Di dataran rendah masa panen pertama cabai merah adalah pada umur 75-80 hari setelah tanam dengan interval waktu panen 2-3 hari. Sedangkan di dataran tinggi agak lambat yaitu pada tanaman berumur 90-100 hari setelah tanam dengan interval panen 3-5 hari. Secara umum interval panen buah cabai merah berlangsung selama 1,5-2 bulan.

Penanganan pascapanen cabai dapat dilakukan berdasarkan prinsip *Good Handling Practices* (GHP). *Good Handling Practices* adalah cara penanganan pascapanen yang baik yang berkaitan dengan penerapan teknologi serta cara pemanfaatan sarana dan prasarana yang digunakan. *Good Handling Practices* meliputi pelaksanaan kegiatan penanganan pascapanen produk pertanian secara baik dan benar, sehingga mutu produk dapat dipertahankan, menekan kehilangan karena penyusutan, kerusakan dan memperpanjang masa simpan dengan tetap menjaga status produk yang tangani (Masnun, 2013). Tabel 1 menunjukkan kualitas cabai merah segar berdasarkan Standar Nasional Indonesia.

Cabai merah termasuk dalam buah klimakterik, yaitu setelah dipanen masih mempunyai peningkatan atau kenaikan laju respirasi sebelum pemasakan yang ditandai dengan peningkatan CO² secara mendadak (Widodo dkk., 2013). Hal ini ditunjukkan oleh produksi karbondioksida yang rendah pada permulaan (*preclimacteric*), yang diikuti dengan kenaikan yang tiba-tiba (*climacteric rise*),

puncak klimakterik (*climacteric peak*) dan akhirnya menurun (*post climacteric*) dan terjadi senesen. Senesen sendiri adalah stadia terakhir dalam perkembangan organ yang pada pokoknya merupakan rangkaian peristiwa yang *irreversible* dan menyebabkan kerusakan dan yang pada akhirnya kematian pada sel-sel. Menurut Widodo dkk., (2013), masa simpan buah klimakterik tergolong pendek sehingga mempercepat terjadinya kerusakan pascapanen.

Tabel 1. Kualitas cabai merah segar berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-4480-1998)

No	Jenis Uji	Persyaratan		
		Mutu I	Mutu II	Mutu III
1	Kesegaran warna	Merah >95 %	Merah \geq 95 %	Merah \geq 95 %
2	Keseragaman	Seragam (95 %)	Seragam (95 %)	Seragam (95 %)
3	Bentuk	98 normal	96 normal	95 normal
4	Keseragaman ukuran :			
	a. Cabai merah besar			
	i. Panjang buah	12-14 cm	9-1 cm	<9 cm
	ii. Garis tengah pangkal	1,5-1,7 cm	1,3-1,5 cm	<3 cm
	b. Cabai merah keriting			
	i. Panjang buah	>12-17 cm	>10-12 cm	<10 cm
	ii. Garis tengah pangkal	>1,3-1,5 cm	>1,0-1,3 cm	<1,0 cm
5	Kadar kotoran	1	2	3
6	Tingkat kerusakan dan busuk			
	a. Cabai merah besar	0	1	2
	b. Cabai merah keriting	0	1	2

Sumber : Dinas Pertanian, Standar Mutu Indonesia SNI 01-4480-1998

Sebelum didistribusikan, cabai yang telah dipanen harus melalui rangkaian proses pasca panen yang meliputi kegiatan sortasi, curing, pengemasan dan penyimpanan (Masnun, 2013).

1. Sortasi

Sortasi dilakukan untuk memisahkan antara cabai yang rusak (busuk, patah, memar) dengan cabai yang baik. Sortasi bertujuan untuk memperoleh hasil yang berkualitas baik dengan tingkat kematangan yang seragam.

2. *Curing*

Curing dilakukan untuk memaksimalkan pembentukan dan kestabilan warna cabai sebelum diolah. Tujuannya untuk membuang panas lapang. Biasanya para petani melakukan curing dengan cara menghamparkan cabai yang dipanen di tempat teduh.

3. Pengemasan

Pengemasan cabai dilakukan untuk melindungi cabai dari kerusakan selama pengangkutan. Kemasan dibuat berbagai bahan dan bentuknya disesuaikan dengan kapasitas cabai yang akan dikemas. Untuk pasar luar negeri (ekspor), cabai dikemas menggunakan boks karton dan disusun memenuhi volume boks kemasan. Kemasan diberi ventilasi udara sehingga tidak tertutup sama sekali. Pada bagian luar kemasan diberi label dengan gambar agar lebih menarik.

Untuk pemasaran antar kota, petani mengemas cabai biasanya menggunakan jaring kapasitas kira-kira 25-50 kg. Kemasan yang biasanya dipergunakan :

- a) Kerancang bambu ukuran alas 40 cm, tinggi 44 cm diameter tutup 50 cm.

- b) Kemasan karton ukuran 35 x 40 x 50 cm yang ke enam sisinya diberi lubang sirkulasi udara (diameter 1 cm jarak antara titik lubang 10 cm).
- c) Karung plastik

Ketiga kemasan diatas idealnya mampu menampung cabai sekitar 20-25 kg. Jika lebih dari 25 kg, cabai bagian bawah dapat mengalami kerusakan. Menurut Setyowati dan Budiarti (1992), kemasan yang terlalu besar dapat menurunkan mutu cabai terutama yang berada dibagian bawah.

Menurut Masnun (2013) selain kemasan di atas, kemasan yang lain dapat juga digunakan, seperti :

- a) Plastik LDPE, disimpan dengan suhu kamar dapat dipertahankan selama 1 minggu dengan cara membuat pola 16 titik.
- b) Stereofom, disimpan pada suhu kamar dapat dipertahankan selama 2 minggu.
- c) Daun pisang disimpan pada suhu kamar dapat dipertahankan selama 1 minggu.

4. Penyimpanan

Penyimpanan cabai merah pada ruang penyimpanan bersuhu 8-12⁰C dengan kelembaban 90-95 % dapat mempertahankan masa simpan selama 6-8 hari. Cara terbaik untuk menyimpan cabai merah segar adalah dengan penyimpanan dingin. Menurut Asgar (2009), penyimpanan dingin bertujuan untuk menekan tingkat perkembangan mikroorganisme dan perubahan biokimia. Pada penelitian Supriati (2013) menunjukkan bahwa penyimpanan

cabai merah segar pada suhu 15°C mampu mempertahankan kualitas cabai merah selama 20 hari penyimpanan. Sedangkan penyimpanan cabai pada suhu ruang mengalami pembusukan setelah penyimpanan 8 hari.

Berdasarkan jenis bahan pengemas, daun pisang memberikan kualitas terbaik dalam penyimpanan cabai merah segar kemasan dikarenakan daun pisang memberikan nilai susut bobot terendah dan memberikan nilai tertinggi dalam mempertahankan kadar air, vitamin C, nilai uji organoleptik, tekstur, warna dan aroma (Sembiring, 2009 *dalam* Sunarmani, 2012).

Lama penyimpanan yang memberikan kualitas terbaik cabai merah dalam kemasan direkomendasikan selama 1 minggu. Semakin lama penyimpanan maka susut bobot semakin meningkat.

B. Aspek Penting Dalam Penanganan Pascapanen Cabai Merah

1. Aspek Fisiologis

a. Laju Respirasi

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 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 dan jika tidak dikendalikan produk akan cepat menjadi layu, sehingga laju respirasi sering digunakan sebagai index yang baik untuk menentukan masa simpan pascapanen buah (Mikasari 2004). Secara umum, sel-sel muda yang tumbuh aktif cenderung mempunyai laju respirasi lebih tinggi dibandingkan dengan yang lebih tua atau sel-sel yang lebih dewasa.

Laju respirasi menentukan potensi pasar dan masa simpan yang berkaitan erat dengan; kehilangan air, kehilangan kenampakan yang baik, kehilangan nilai nutrisi dan berkurangnya nilai cita rasa. Masa simpan cabai merah dapat diperpanjang dengan menempatkannya dalam lingkungan yang dapat memperlambat laju respirasi dan transpirasi melalui penurunan suhu buah, mengurangi ketersediaan O₂ atau meningkatkan konsentrasi CO₂, dan menjaga kelembaban nisbi yang mencukupi dari udara sekitar produk tersebut. Contoh reaksi yang terjadi pada proses respirasi sebagai berikut (Anugerah, 2012) :



b. Produksi Etilen

Etilen adalah senyawa organik hidrokarbon paling sederhana (C₂H₄) berupa gas berpengaruh terhadap proses fisiologis cabai merah. Etilen dikategorikan sebagai hormon alami untuk penuaan dan pemasakan dan secara fisiologis sangat aktif dalam konsentrasi sangat rendah (<0,005 uL/L) (Wills *et al.*, 1988).

Etilen dalam ruang penyimpanan dapat berasal dari produk atau sumber

lainnya. Sering selama pemasaran, beberapa jenis komoditi disimpan bersama, dan pada kondisi ini etilen yang dilepaskan oleh satu komoditi dapat merusak komoditi lainnya (Made, 2001).

2. Aspek Fisik

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. Kerusakan fisik juga memacu kerusakan baik fisiologis maupun patologis (serangan mikroorganisme pembusuk).

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, CO₂ dan O₂ 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.

3. Aspek Patologis

Cabai merah mengandung air dalam jumlah yang banyak dan juga nutrisi yang mana sangat baik bagi pertumbuhan mikroorganisme. Buah yang baru dipanen sebenarnya telah terinfeksi oleh berbagai macam mikroorganisme dari yang tidak menyebabkan pembusukan sampai yang menyebabkan pembusukan.

Mikroorganisme pembusuk dapat tumbuh bila kondisinya memungkinkan seperti adanya pelukaan-pelukaan, kondisi suhu dan kelembaban yang sesuai dan sebagainya. Adanya mikroorganisme pembusuk pada buah cabai merah adalah merupakan factor pembatas utama di dalam memperpanjang masa simpan buah. Mikroorganisme pembusuk yang menyebabkan susut pascapanen secara umum disebabkan oleh jamur dan bakteri. Infeksi awal dapat terjadi selama pertumbuhan dan perkembangan produk tersebut masih dilapangan akibat adanya kerusakan mekanis selama operasi pemanenan, atau melalui kerusakan fisiologis akibat dari kondisi penyimpanan yang tidak baik.

Infeksi mikroorganisme terhadap produk dapat terjadi dari buah tersebut tumbuh dilapangan, namun mikroorganisme tersebut tidak tumbuh dan berkembang, hanya berada di dalam jaringan (I Made, 2001). Bila kondisinya memungkinkan terutama setelah dipanen dan mengalami penanganan dan penyimpanan lebih lanjut, maka mikroorganisme tersebut segera dapat tumbuh dan berkembang dan menyebabkan pembusukan yang serius. Infeksi mikroorganisme tersebut di namakan infeksi laten. Contoh mikroorganisme

yang melakukan infeksi laten adalah *Colletotrichum* sp yang menyebabkan pembusukan pada buah cabai merah. *Colletotrichum* sp digolongkan menjadi beberapa spesies utama yaitu *C. gloeosporioides*, *C. acutatum*, *C. dematium*, *C. capsici* dan *C. coccodes* (Kim *et al.*, 1999). *Colletotrichum* sp akan menyebabkan penyakit Antaknosa, merupakan kendala biologis terbesar dalam usaha tani cabai merah, karena dapat menyerang dan juga buah maupun setelah buah dipanen. Patogen yang menyerang buah merupakan kendala terbesar dalam peningkatan produksi cabai, karena buah dapat gugur sebelum panen atau busuk sebelum dan setelah panen, sehingga mengurangi produksi buah yang dapat dipasarkan. Penyakit antraknosa dapat berlanjut menyerang buah dalam penyimpanan di tingkat konsumen. Penyakit ini dianggap sebagai penyakit yang paling merugikan dibanding penyakit cabai lainnya karena dapat menyebabkan kehilangan hasil sebesar 10-80% di musim hujan dan 2-35% di musim kemarau (Widodo 2007 dan Duriat dkk., 2007). Adanya buah yang terinfeksi penyakit ditandai dengan gejala awal terbentuknya bercak kecil seperti tersiram air, lama kelamaan luka ini akan berkembang sangat pesat hingga berwarna coklat kehitam-hitaman. Selain itu, pembusukan buah pada cabai merah juga disebabkan oleh sejenis bakteri *Erwinia carotovora* (Apandi, 1984).

Pembusukan yang disebabkan oleh penyakit antraknosa menghasilkan lubang-lubang pada buah yang memungkinkan masuknya mikroorganisme penyebab busuk buah lainnya, seperti :

1. *Alternaria termis*, yang menghasilkan lapisan pertumbuhan kapang hitam pada permukaan buah (Pantastico, 1989).
2. *Cladosporium herbarum*, suatu jenis kapang berwarna hijau tua.
3. *Brachysporium spp.*, yang memiliki tubuh buah kecil-kecil berwarna hitam.

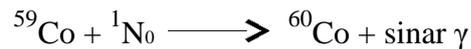
C. Iradiasi Pangan

Teknik pengawetan bahan pangan yang telah banyak diterapkan di negara maju adalah iradiasi. Iradiasi merupakan istilah yang digunakan untuk penggunaan energi secara sengaja dan terarah. Menurut Winarno dan fardiaz, (1984), iradiasi adalah penggunaan energi untuk penyinaran bahan pangan dengan menggunakan sumber radiasi buatan seperti sinar ultraviolet, radiasi alpha (α), sinar beta (β) dan sinar gamma (γ).

Penggunaan iradiasi untuk stabilisasi bahan pangan dapat dikatakan sebagai metode sterilisasi dingin, yaitu bahan pangan dapat diawetkan tanpa mengalami perubahan yang nyata terhadap sifat alaminya (Desrosier, 1988). Jenis radiasi yang digunakan pada proses pengawetan pangan adalah radiasi berenergi tinggi (radiasi pengion), karena mampu menimbulkan ionisasi pada materi yang dilaluinya. Jenis radiasi pengion yang digunakan untuk mengawetkan bahan pangan merupakan radiasi dengan panjang gelombang kurang dari 100 nm, yaitu sinar-X, sinar γ dan electron yang berasal dari alat berkas elektron.

Sinar γ merupakan jenis radiasi pengion yang paling banyak digunakan untuk sterilisasi bahan pangan. Salah satu sumber sinar γ adalah ^{60}Co . Sinar γ memiliki panjang gelombang yang pendek yaitu 0,01-1,14 A atau 10^{-10} - 10^{-14} cm dengan daya tembus paling besar yaitu dengan kemampuan penetrasi hingga 20

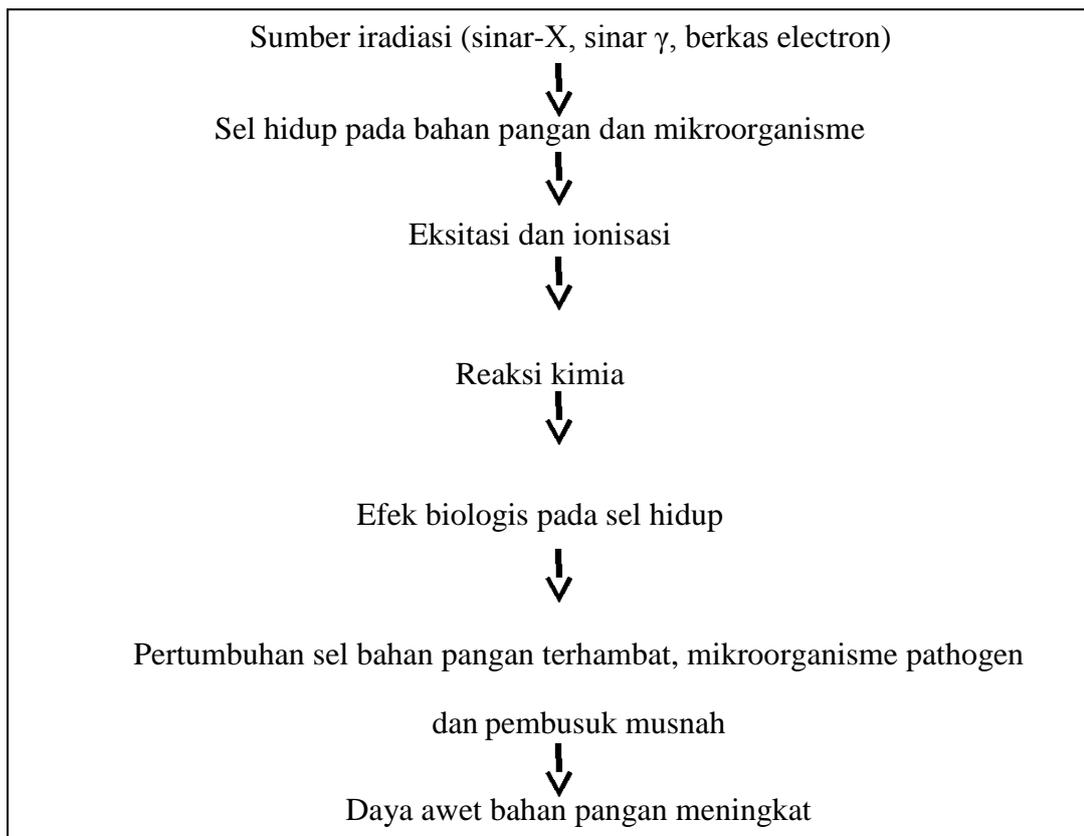
cm. Sinar gamma dapat ditahan oleh materi dengan jumlah massa besar yang memiliki nomor atom dan densitas tinggi, contohnya timbal. ^{60}Co dibuat dalam reaktor atom dengan cara menembak ^{59}Co yang diperoleh dari alam dengan berkas neutron yang dihasilkan oleh reaktor. Persamaan reaksinya adalah :



1. Prinsip Pengawetan Bahan Pangan dan Iradiasi

Pada prinsipnya, penggunaan energi pengion dalam proses pengawetan bahan pangan adalah menekan/menurunkan jumlah populasi mikroba pathogen yang terdapat dalam bahan pangan. Proses pengawetan bahan pangan dengan iradiasi dapat dilihat pada Gambar 1.

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. Sifat inilah yang digunakan sebagai dasar pengawetan dengan iradiasi.



Gambar 1. Skema Proses Pengawetan Bahan Pangan dan Iradiasi (Dwiloka, 1993)

2. Aspek Keamanan Pangan Iradiasi

Keamanan pangan iradiasi merupakan faktor terpenting yang harus diselidiki sebelum menganjurkan penggunaan proses iradiasi secara luas. Pada proses pengawetan dengan iradiasi telah ditetapkan bahwa batas maksimum energy sumber iradiasi yang dapat digunakan adalah 5 MeV untuk sumber iradiasi sinar γ dan sinar X, serta 10 MeV untuk berkas elektron. Bahan pangan yang diawetkan dengan iradiasi tidak akan menjadi radioaktif bila menggunakan pembatasan dosis iradiasi dan batas maksimum energi dari sumber radiasi yang digunakan (Derr, 1998).

Sinar γ dari ^{60}Co memiliki energi maksimum 1,33 dan 1,17 Mev, sedangkan yang berasal dari ^{137}Cs hanya memiliki energi sebesar 0,66 Mev.

Radiasi yang dipancarkan dari sumbernya merupakan suatu bentuk energi (bukan benda). Iradiasi dapat diumpamakan sebagai sinar yang menembus jendela atau lampu listrik yang ditujukan pada suatu benda. Bila lampu tersebut dimatikan, maka tidak ada sisa apapun pada benda yang disinari tadi. Demikian juga radiasi, tidak meninggalkan residu, baik pada bahan pangan yang diiradiasi maupun pada lingkungan, sehingga iradiasi dapat dianggap sebagai proses yang bersih (Irawati, 2007; Maha, 1998).

Penggunaan teknologi iradiasi pada bahan pangan telah disahkan oleh *Food and Drug Administration* (FDA), yang menetapkan peraturan tentang pelabelan pada produk pangan teriradiasi. FDA menetapkan bahwa pada kemasan produk pangan yang telah diiradiasi harus mencantumkan logo radura (*radiation durable*). Iradiasi pangan di Indonesia dilakukan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 826/MENKES/PER/XII/1987, Nomor 152/MENKES/SK/II/1995, dan Nomor 701/MENKES/PER/VII/2009, serta Undang-undang Pangan RI Nomor 7/1996, Label Pangan Nomor 69/1999 paragraf 34, dan peraturan perdagangan internasional tentang komersialisasi komoditi pangan iradiasi dan peraturan standar internasional *Codex Alimentarius Commission* untuk makanan iradiasi (Irawati, 2007).

a. Aspek Kimia Iradiasi

Radiasi pengion dapat menimbulkan perubahan komposisi kimia pada bahan pangan, dan dapat mempengaruhi nilai gizi. Perubahan ini tergantung dari komposisi bahan pangan tersebut, dosis iradiasi, suhu, serta ketersediaan

oksigen (Diehl, 1990). Pada dosis rendah, perubahan kandungan gizi tidak begitu terlihat, sedangkan pada dosis sedang, penurunan kandungan nutrisi unsur mikro dapat terjadi pada makanan yang kontak dengan udara selama iradiasi atau penyimpanan. Komponen-komponen utama pada makanan seperti protein, lemak, dan karbohidrat hanya mengalami perubahan yang sangat kecil akibat proses iradiasi, bahkan ketika dosis yang digunakan lebih dari 10 kGy. Asam amino esensial, mineral, dan sebagian besar vitamin juga tidak mengalami perubahan yang signifikan akibat iradiasi.

b. Aspek Gizi

Iradiasi dapat menimbulkan perubahan kimia, maka dapat diduga bahwa iradiasi dapat mempengaruhi nilai gizi bahan pangan. Dari hasil penelitian terbukti bahwa kehilangan zat gizi pada bahan pangan yang diiradiasi sampai dosis 1 kGy tidak nyata. Pada dosis sedang (1-10 kGy) dapat terjadi penurunan beberapa vitamin bila udara tidak dihilangkan pada saat iradiasi dan penyimpanan. Dengan mengatur kondisi iradiasi (misal iradiasi dilakukan pada suhu rendah/beku dan dalam lingkungan bebas oksigen), perubahan nilai gizi dapat dicegah atau dikurangi. Pada umumnya, nilai gizi bahan pangan, terutama makronutrisinya (karbohidrat, protein, dan lemak) tidak berubah (Diehl, 1990).

c. Aspek Mikrobiologi

Berdasarkan data ilmiah yang ada, *International Committee on Food Microbiology and Hygiene* (ICFMH) menyimpulkan bahwa iradiasi bahan pangan sampai dengan dosis 10 kGy tidak menimbulkan masalah keamanan dari

aspek mikrobiologi. ICFMH juga menganggap bahwa iradiasi merupakan metode baru yang dapat digunakan untuk membasmi bakteri pathogen yang mencemari makanan (Fajar, 2004).

Beberapa jenis bakteri patogen yang sering mencemari bahan pangan adalah *Vibrio parahaemolyticus*, *Campylobacter* sp., *Yersinia enterocolitica*, *E. coli*, *Salmonella* sp., dan *Staphylococcus* sp., tergolong peka terhadap radiasi. Oleh karena itu, iradiasi dapat digunakan untuk membasminya. Begitu juga dengan bakteri penyebab pembusukan pada cabai merah seperti *Colletotrichum* sp dapat dimusnahkan. Musnahnya bakteri patogen ini disebabkan oleh pengaruh langsung dan tak langsung dari proses iradiasi terhadap bakteri itu sendiri. Sensitivitas mikroorganisme terhadap iradiasi dinyatakan dengan nilai D^{10} , yaitu besarnya dosis iradiasi yang dapat mengurangi jumlah populasi mikroba menjadi 10 %nya.

3. Dosis Iradiasi

Dosis iradiasi yaitu jumlah radiasi yang diserap oleh bahan per satuan massa bahan itu (Akhadi, 2000). Satuannya adalah Gray (Gy)=Joule/kg=100 rad. Besarnya dosis yang digunakan untuk mengawetkan bahan pangan tergantung pada jenis bahan pangan dan tujuan penggunaan iradiasi (Syarief dan Hariyadi, 1993). Kedua faktor tersebut perlu dipertimbangkan untuk memastikan tercapainya efek iradiasi yang diinginkan tetapi tidak merugikan faktor-faktor mutu lainnya seperti sifat organoleptik, mikrobiologi atau kandungan gizi bahan.

Dalam industri pangan terdapat tiga prinsip proses radiasi yang diklasifikasikan berdasarkan dosis yang dapat digunakan untuk memperpanjang umur, yaitu (Blank dan Cumming, 2001):

- a. Radapertisasi, yaitu dosis tinggi. Dosis ini biasanya digunakan untuk sterilisasi. Dosis yang digunakan berkisar antara 30 sampai 50 kGy sehingga dapat membunuh semua mikroorganisme yang ada dalam makanan.
- b. Radisidasi, yaitu dosis sedang. Dosisnya berkisar antara 1 sampai 10 kGy dan digunakan untuk membunuh seluruh bakteri patogen non spora termasuk *Salmonella* dan *Listeria*. Penggunaan dosis ini sama dengan proses pasteurisasi termal (*thermal pasteurization*). Dosis ini pada umumnya digunakan pada produk makanan beku.
- c. Radurisasi, yaitu dosis rendah. Penggunaan dosis ini sama dengan proses pasteurisasi panas (*heat pasteurization*). Dosisnya berkisar antara 0,40 sampai 2,50 kGy dan digunakan untuk mengurangi jumlah mikroba yang ada pada produk pangan serta menunda pematangan.

Dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa iradiasi 5 kGy pada jamur kering yang dikemas secara vakum dalam kantung plastik *Poli Propilen* (PP) dapat menekan secara nyata pertumbuhan mikroba jamur baik bakteri maupun khamir 2 *log cycle* dengan tidak mengubah sifat fisika dan kualitas organoleptiknya sampai penyimpanan 3 bulan, sedangkan kontrol (0 kGy) hanya bertahan sampai 2 bulan (Kadir, 2010). Pada penelitian jambu biji merah pada variasi dosis 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 kGy menggunakan sinar gamma dengan sumber isotop Co-60 menunjukkan bahwa dosis iradiasi 1 kGy lebih efektif dalam mempertahankan massa buah jambu biji sebesar 1,23 % hingga hari ke-8, sedangkan dosis kontrol memiliki nilai pengurangan massa yang cepat yaitu 20,27 % (Akrom dkk., 2014). Penelitian yang dilakukan oleh Nura dkk. (2015) mengenai ketahanan tiga populasi tanaman cabai yang diinduksi iradiasi sinar gamma

terhadap penyakit antraknosa dengan dosis 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 dan 1000 Gy menunjukkan bahwa dosis iradiasi sinar gamma 300 Gy mengarah pada kriteria sangat tahan terhadap penyakit antraknosa dengan jumlah total tanaman yang hidup adalah 46 tanaman, sedangkan pada dosis 100 Gy cenderung mengarah pada sangat rentan dengan jumlah total tanaman hidup hanya 11 tanaman. Pada penelitian Roni dkk. (2009) menunjukkan bahwa dosis iradiasi sinar gamma 0,75 kGy yang dikombinasikan dengan perlakuan pencelupan dalam air hangat (55°C , 5 menit) dapat memperpanjang masa simpan manga varietas arumanis sampai 2 minggu. Beberapa contoh penggunaan dosis iradiasi pada komoditas pangan dapat dilihat pada Tabel 2.

4. Pengaruh Iradiasi Terhadap Bahan Pangan

Pengaruh iradiasi terhadap bahan pangan dapat dibedakan atas pengaruh langsung dan tak langsung (Harsojo dan Andini, 2010).

a. Pengaruh Langsung

Para ahli biologis telah mengajukan teori sasaran dampak langsung iradiasi dengan substrat, yang pada prinsipnya bertanggung jawab terhadap pengaruh iradiasi. Hal ini didasarkan atas penyelidikan dari perubahan biologis (perbanyakkan sel, mutasi, pengaruh latex dan sebagainya). Teori yang diajukan adalah bahwa jika suatu partikel bermuatan bergerak menumbuk bahan biologis kompleks maka fungsinya rusak atau hancur (Desrosier, 1988).

Menurut Winarno *et al.*, (1984), iradiasi dapat merusak sel-sel jaringan. Misalnya sinar γ atau sinar β pada pigmen tertentu akan menyebabkan perubahan warna. Juga benturan-benturan dengan molekul protein akan menyebabkan

Tabel 2. Penggunaan Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Bahan Pangan

No	Jenis Pangan	Tujuan Iradiasi	Dosis Serap Maksimum (kGy)
1	Umibi lapis dan umbi akar	Menghambat pertunasan selama penyimpanan	0,15
2	Sayur dan buah (selain yang termasuk kelompok 1)	Menunda pematangan Membasmi serangga Memperpanjang masa simpan Perlakuan karantina*	1,0 1,0 2,5 1,0
3	Produk olahan sayur dan buah**	Memperpanjang masa simpan	7,0
4	Mangga	Memperpanjang masa simpan	0,75♣
5	Manggis	Membasmi serangga Perlakuan karantina	1,0 1,0
6	Serelia dan produk hasil penggilingannya, kacang-kacangan, biji-bijian penghasil minyak, polong-polongan, buah kering	Membasmi serangga Mengurangi jumlah mikroba	1,0 5,0
7	Ikan, pangan laut (seafood segar maupun beku)	Mengurangi jumlah mikroorganisme patogen tertentu** Memperpanjang masa simpan Mengontrol infeksi oleh parasit tertentu**	5,0 3,0 2,0
8	Produk olahan ikan, dan pangan laut	Mengurangi jumlah mikroorganisme patogen tertentu** Memperpanjang masa simpan	8,0 10,0
9	Daging dan unggas serta hasil olahannya (segar maupun beku)	Mengurangi jumlah mikroorganisme patogen tertentu** Memperpanjang masa simpan Mengontrol infeksi oleh parasit tertentu** Menghilangkan bakteri salmonella	7,0 3,0 2,0 7,0
10	Sayuran kering, bumbu, rempah, rempah kering (dry herbs) dan herbal tea	Mengurangi jumlah mikroorganisme patogen tertentu** Memperpanjang masa simpan	10,0 1,0
11	Pangan yang berasal dari hewan yang dikeringkan	Membasmi serangga Membasmi mikroba, khamir dan khamir	1,0 5,0
12	Pangan olahan siap saji berbasis hewani***	Sterilisasi dan membasmi mikroba patogen termasuk mikroba berspora serta memperpanjang masa simpan	65

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 701/Menkes/Per/VIII/2009

Keterangan :

- * Dosis serap minimum dapat disesuaikan untuk membasmi organism pertunasan pengganggu tumbuhan/organism pengganggu tumbuhan karantina, untuk lalat buah : 0,15 kGy
- ♣ Dikombinasikan dengan pencelupan dalam air hangat pada suhu 55⁰C
- ** selama 5 menit.
- Dosis minimum dapat ditetapkan dengan mempertimbangkan tujuan
- *** perlakuan untuk menjamin mutu higienis pangan.
- Wajib memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh institusi berwenang tentang iradiasi pangan dosis diatas 10 kGy.

perubahan tekstur. Benturan sinar γ dengan vitamin akan menyebabkan vitamin rusak, terutama vitamin B1 (tiamin) yang paling sensitife terhadap iradiasi.

Selain itu, pengaruh langsung dari iradiasi dapat menyebabkan DNA pada bakteri akan pecah menjadi fragmen-fragmen yang tidak berfungsi lagi. Kerusakan DNA ini dapat berupa putusnya ikatan silang rangkaian DNA, terjadi pertukaran atau pemindahan gugus basa serta terbentuk dimer pirimidin.

b. Pengaruh Tak Langsung

Iradiasi suatu bahan yang mengandung air menyebabkan ionisasi dari bagian molekul-molekul air dengan pembentukan radikal hydrogen (H^+) dan radikal hidroksil (OH) 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).

Tingkat kerusakan sel tergantung dari jumlah ion yang dihasilkan dan interaksinya dengan DNA. Berkurangnya jumlah sel tergantung dari total dosis iradiasi yang diterima. Hasil yang diharapkan adalah berkurangnya jumlah mikroba secara logaritmik dengan semakin tingginya dosis iradiasi.

D. Hipotesis

Perlakuan dosis iradiasi sinar gamma 0,75 kGy mampu mempertahankan kualitas dan umur simpan serta mampu mencegah pencemaran mikroorganisme pembusuk pada cabai merah keriting selama masa penyimpanan.