

Efek Iradiasi Gamma dan Penyimpanan Dingin terhadap Total Mikroorganisme dan Daya Patah Kwetiau

Gamma Irradiation and Cold Storage Effects on Total Microbes and Tensile Strength of Kway Teow

Bryan Raharja¹, Efendi Oulan Gustav Nata Buana¹, Warsono El Kiyat¹ dan Harsojo²

¹ Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Ilmu Hayati, Universitas Surya
Grand Serpong Mall Lt. 1 unit F8 & F9, Jl. M.H. Thamrin Km 2.7, Tangerang, Banten 15143

² Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional

Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440

E-mail : raharjabryan@gmail.com

ABSTRAK

Kadar air yang tinggi menyebabkan umur simpan kwetiau menjadi singkat. Hal ini menyebabkan banyaknya produsen yang menambahkan formalin pada kwetiau. Iradiasi gamma merupakan metode untuk memperpanjang umur simpan yang ekonomis serta tidak mengubah tekstur secara signifikan sehingga berpotensi diaplikasikan pada kwetiau. Pengujian dilakukan dengan iradiasi sampel menggunakan dosis 0, 2, dan 4 kGy dengan laju dosis 1 kGy per jam yang diikuti dengan penyimpanan dingin dengan memperhatikan perubahan ALT, total koliform, *Salmonella spp.*, nilai D_{10} , sensitivitas antibiotik serta daya putus kwetiau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi iradiasi gamma dengan penyimpanan dingin mampu menurunkan hingga 6,2 log CFU/g bakteri aerob dan 5,8 log CFU/g bakteri koliform pada dosis 4 kGy serta menurunkan hingga 4,9 log CFU/g bakteri aerob dan 4,6 log CFU/g bakteri koliform pada dosis 2 kGy. Bakteri *Escherichia coli* yang diisolasi memiliki nilai D_{10} sebesar 0,403 kGy yang sensitif terhadap *amoxicillin* dan *tetracyclin* serta memiliki sensitivitas intermediate terhadap sefoksitin. Iradiasi pada dosis 2 kGy meningkatkan nilai titik putus kwetiau. Pada penelitian tidak ditemukan *Salmonella spp.* pada sampel E dan semua sampel positif mengandung formalin.

Kata kunci : *E. coli*, D_{10} , Antibiotik, Daya Putus, Formalin

ABSTRACT

Kway teow is categorized as high moisture food which is reflected by its short shelf-life. This condition has triggered many producers to add formalin into kway teow which is prohibited by law. Gamma irradiation is a method to prolong shelf life that is inexpensive and does not significantly alter the texture of the product, make it suitable to be applied to kway teow. The experiment was conducted by irradiating the sample with 0, 2, and 4 kGy dosages using 1 kGy/h dose rate combined with low temperature storage. The parameters measured are total plate count, total coliform, *Salmonella spp.*, D_{10} value and antibiotic sensitivity of *E. coli*, and tensile strength. Results showed that combination of gamma irradiation and cold storage successfully reduced up to 6,2 log CFU / g of aerobic bacteria and 5,8 log CFU / g of coliform bacteria at a dose of 4 kGy and managed to reduce up to 4,9 log CFU / g aerobic bacteria and 4,6 log CFU/g coliform bacteria at a dose of 2 kGy. *E. coli* bacteria isolated from kway teow have a D_{10} value of 0.403 kGy that sensitive to amoxicillin and tetracycline and had an intermediate sensitivity to cefoxitine. Irradiation at a dose of 2 kGy increased tensile strength of kway teow. There is no *Salmonella spp.* detected in sample E and all samples did contain formalin.

Keywords : *E. coli*, D_{10} , Antibiotics, Tensile Strength, Formalin

PENDAHULUAN

Kwetiau merupakan mi oriental olahan tepung beras yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Mi beras umum dikonsumsi di Asia

Tenggara seperti Singapura, Malaysia, Thailand, dan Indonesia. Mi beras lainnya yang serupa dengan kwetiau ialah *chee cheong fun*, *char hor fun*, dan *pad thai* [1]. Kwetiau memiliki kadar air yang tinggi sekitar 62,51% dengan aktivitas air

(A_w) sebesar 0,91. Kondisi demikian membuat umur simpan kwetiau menjadi pendek yakni hanya sekitar 2 – 3 hari [2]. Umur simpan yang pendek memicu sebagian produsen untuk menambahkan formalin kedalam produknya disamping untuk meningkatkan kualitas tekstur kwetiau. Hal ini merupakan ancaman bagi konsumen [3], [4]. Formalin diketahui sebagai senyawa karsinogen bagi manusia dan juga diketahui bersifat genotoksik dan sitotoksik pada hewan coba [5]. Formalin bersifat korosif terhadap membran mukosa yang dapat menyebabkan kerusakan liver dan ginjal [6].

Upaya lain yang telah dilakukan untuk memperpanjang umur simpan ialah asidifikasi dengan penambahan asam organik pada mi basah. Pada penelitian yang dilakukan *lin et al.* [7] diketahui penambahan 0,5% asam laktat dan 0,5% asam sitrat dapat memperpanjang umur simpan mi hingga 4-6 hari pada temperatur 5°C. Meski demikian semakin tinggi konsentrasi asam semakin rendah penerimaan produk. Konsumen sudah dapat membedakan mi yang diberikan penambahan asam laktat pada konsentrasi 0,5% yang dianggap terasa asam dan astringen.

Iradiasi pangan merupakan salah satu metode memperpanjang umur simpan produk pangan yang efektif karena dapat mengurangi jumlah bakteri patogen dan pembusuk sehingga meningkatkan higienitas produk. Selain itu penelitian penunjang yang sudah ekstensif dalam waktu yang panjang telah menunjukkan keamanan proses iradiasi terhadap bahan pangan. Berbagai badan dunia seperti *World Health Organization* (WHO), *Food and Agriculture Organization* (FAO), *International Atomic Energy Agency* (IAEA), dan *Codex Alimentarius* telah mendukung penggunaan iradiasi pangan untuk menjamin keamanan pangan dan mengurangi jumlah pangan terbuang [8]. Iradiasi pangan tidak mempengaruhi rasa dan tidak mempengaruhi tekstur secara signifikan serta ekonomis untuk dilakukan [9]. Penyimpanan dingin juga lazim digunakan untuk memperpanjang umur simpan. Pada temperatur yang lebih rendah terjadi perubahan fluiditas membran sel bakteri yang menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk maupun patogen [10]. Oleh karena itu iradiasi yang dikombinasikan dengan penyimpanan dingin berpotensi dimanfaatkan sebagai salah satu upaya memperpanjang umur simpan kwetiau.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Sampel kwetiau yang digunakan dalam penelitian ini sejumlah tujuh sampel yang diperoleh dari beberapa lokasi yakni sebuah restoran di wilayah Gading Serpong Tangerang (A), tiga buah rumah makan yang berlokasi di Kalideres Jakarta Barat (B, C, & D), sebuah rumah makan di wilayah Cengkareng Jakarta Barat (E), dan pasar tradisional di wilayah Jakarta Selatan (F & G). Masing – masing sampel dikumpulkan sebanyak 25 g.

Pengujian formalin

Sampel kwetiau A, B, C, D, E, F, dan G diuji kandungan formalinnya secara kualitatif dengan menggunakan formalin main reagent (FMR) (Biochem Universitas Brawijaya). Sebanyak 1 g sampel diteteskan FMR sebanyak 2-3 ml kemudian dikocok 2-3 menit dan ditunggu selama 3-5 menit sebelum diamati perubahan warnanya [11].

Iradiasi sampel dan penyimpanan

Sampel kwetiau E yang dikemas dalam kemasan plastik berbahan *Low Density Poly Ethylene* (LDPE) diiradiasi dengan iradiator IRPASENA menggunakan sumber isotop Co-60. Paparan dosis yang diberikan sebesar 0, 2, dan 4 kGy dengan laju dosis 1 kGy per jam. Sampel kemudian disimpan dalam temperatur 5°C selama empat minggu.

Analisa angka lempeng total dan total koliform

Sampel E yang sudah maupun tidak diiradiasi ditimbang sebanyak 25 g dan dihomogenisasi dalam 225 mL air pepton steril (Difco). Sampel yang telah dihomogenisasi dibuatkan seri pengenceran 1 : 9. Sebanyak 0,1 mL seri pengenceran kemudian diinokulasi ke cawan petri yang berisi media agar *nurtient agar* (NA) (Oxoid) untuk pengujian angka lempeng total (ALT) dan media agar *Mac Conkey Agar* (MCA) (Oxoid) untuk pengujian total koliform. Media kemudian diinkubasi selama 24 jam pada 37°C [12].

Analisa *Salmonella* spp.

Metode penujian *Salmonella* spp. dilakukan seperti pada BAM [13]. Sebanyak 25 g sampel E dihomogenisasi dalam 225 mL media pengayaan *tetrathionate broth* (Difco) dan diinkubasi selama

24 jam pada 37°C. Sebanyak satu ose sampel kemudian diinokulasikan ke media selektif *hektoen enteric agar* (Merck) pada temperatur 37°C selama 24 jam dengan metode cawan gores.

Isolasi *E. coli*

Koloni berwarna merah muda pada media MCA (Oxoid) diisolasi dan dinokulasi pada media *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA) (Oxoid) agar dan diuji biokimia menggunakan pengujian IMViC. Media EMBA agar kemudian diinkubasi selama 48 jam pada temperatur 37°C. Koloni berwarna hijau metalik pada media EMBA agar kemudian diinokulasi menuju agar miring NA. Pengujian IMViC dilakukan dengan inokulasi ke media *tryptone* (Oxoid), Media *Simmons Citrate Agar* (SCA) (Oxoid), dan Media MR-VP (Oxoid). Media kemudian diinkubasi selama 48 jam pada temperatur 37°C. Bila bakteri yang diuji benar merupakan bakteri *E. coli* akan terbentuk hasil positif pada pengujian indole, positif pengujian MR, negatif pengujian VP dan negatif pada uji sitrat [14].

Pengujian nilai D_{10} *E. coli*

Bakteri *E. coli* dibuatkan larutan suspensi yang kemudin diiradiasi dengan dosis 0; 0,1; 0,2; 0,3; dan 0,4 kGy. Larutan suspensi *E. coli* yang sudah diiradiasi diinokulasi pada media NA (Oxoid). Hasil pengujian diplot ke dalam grafik untuk diukur nilai D_{10} -nya [12].

Pengujian sensitivitas antibiotik *E. coli*

Bakteri *E. coli* dinkubasikan ke media *Mueller Hinton Agar* (Pronadisa). Media yang sudah diinkubasikan dengan stok kultur *E. coli* kemudian diuji sensitivitasnya dengan meletakkan kertas cakram antibiotik *amoxicillin*, *tetracyclin*, dan sefoksitin (Oxoid) kemudian diinkubasi selama 24 – 48 jam pada temperatur ruang. Sensitivitas kemudian diamati dengan mengukur zona bening yang terbentuk [12].

Penentuan Daya Putus Kwetiau

Sampel kwetiau dipotong dengan panjang 5 cm kemudian ditempelkan pada dua batang statif dengan perekat dan diberi tambahan beban hingga putus. Penentuan daya putus diukur dengan mengikuti persamaan berikut,

$$\sigma_{\max} = \frac{M \times c}{I}$$

M = Momen *bending* (Nm)

C = Jarak vertikal dari axis (m)

I = Momen Inersia (m⁴)

Dengan nilai momen *bending* (M) didapatkan dari persamaan,

$$M = \frac{W}{2} (LX - X^2)$$

W = Berat (N)

L = Panjang kwetiau (m)

X = Titik berat (setengah panjang) (m)

Nilai momen inersia (I) didapatkan dari persamaan,

$$I = \frac{1}{12} b h^3$$

b = Lebar kwetiau (m)

h = Tebal kwetiau (m) [15]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian formalin

Hasil pengujian formalin terhadap sampel kwetiau menunjukkan hasil sebagai berikut,

Tabel 1. Pengujian Formalin pada Kwetiau

Sampel	Hasil	Standar SNI [16]
A	Positif	
B	Positif	
C	Positif	
D	Positif	Negatif
E	Positif	
F	Positif	
G	Positif	

Hasil pengujian menunjukkan semua sampel yang dianalisa positif mengandung formalin yang tidak sesuai dengan SNI 01-2897-1992 tentang standar kualitas mi basah yang mempersyaratkan negatif formalin [16]. Sampel yang diuji memiliki kisaran harga dari Rp. 4000,- hingga Rp. 43.800,-. Sampel A, B, C, D umumnya tidak dijual mentah tetapi untuk disajikan pada restoran atau rumah makan tersebut. Sampel E dijual mentah dan juga disajikan pada rumah makan tersebut sedangkan sampel F dan G hanya dijual mentah. Hasil ini menunjukkan tidak ada perbedaan parameter kualitas penggunaan formalin pada tingkat harga yang berbeda – beda.

Formalin digunakan pada produk mi basah bertujuan untuk memperpanjang umur simpan dan meningkatkan kualitas tekstur. Hal ini disebabkan efektivitas dan harga dari formalin yang murah bila dibandingkan dengan bahan tambahan pangan yang diizinkan [17]. Penelitian lain yang dilakukan pada produk mi basah di Kota Depok menunjukkan kandungan formalin berkisar antara 801,80 – 1684,36 mg/kg sampel [18]. Penelitian lain menunjukkan sebanyak 17 dari 21 sampel makanan dengan mi pada area sekitar Universitas Tarumanagara Jakarta mengandung formalin. Sampel yang diteliti berupa mi hokkian, soto mi, mi bakso, bakmi, dan mi ayam [19]. Pemerintah pada tahun 2005 menemukan bahwa 60% dari produk mi yang dijual di pasaran mengandung formalin [20]. Namun data yang ditunjukkan oleh penelitian ini maupun berbagai penelitian lain menunjukkan belum ada perbaikan dari kondisi tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan solusi yang efektif, mudah dan murah sebagai pengganti penggunaan formalin pada mi basah yang aman bagi kesehatan manusia sehingga para produsen dapat beralih dari penggunaan formalin. Disamping itu diperlukan tindakan yang tegas dari aparat pemerintah untuk mencegah hal ini terus berulang.

Angka lempeng total

Nilai ALT awal pada sampel kwetiau dari kedua ulangan menunjukkan kesesuaian dengan standar SNI 7388 – 2009 kategori mi basah yakni tidak lebih besar dari 10^6 CFU/g [21]. Sampel yang tidak diiradiasi memiliki umur simpan kurang dari tujuh hari berdasarkan nilai ALT yang mencapai $1,5 \times 10^6$ CFU/g pada minggu pertama. Selain nilai ALT yang telah melewati standar, terjadi perubahan warna pada kwetiau yang tidak diiradiasi pada minggu ke-4. Hasil Pengujian ALT yang dilakukan pada minggu ke – 0, 1, 2, 3, dan 4 menunjukkan data (Tabel 2).

Iradiasi pada dosis 2 kGy telah mampu untuk mempertahankan nilai ALT di bawah standar SNI hingga waktu akhir pengujian pada minggu ke- 4 dengan nilai ALT akhir sebesar $3,7 \times 10^5$ CFU/g. Pada dosis 4 kGy dengan ALT akhir didapatkan sebesar $5,8 \times 10^3$ CFU/g. Rata – rata penghambatan pertumbuhan yang dihasilkan iradiasi dengan dosis 2 kGy sebesar $4,0 \times 10^3$ CFU/g dan pada dosis 4 kGy sebesar $2,0 \times 10^5$ CFU/g. Perbedaan sensitivitas antar bakteri yang diiradiasi dapat disebabkan perbedaan spesies atau

bahkan strain dari mikroflora yang terdapat pada sampel. Sensitivitas suatu bakteri terhadap iradiasi dipengaruhi berbagai faktor seperti komposisi membran, mekanisme perbaikan materi genetik, dan kondisi eksternalnya seperti komposisi udara pada sistem saat diiradiasi Resistensi terhadap iradiasi juga dapat disebabkan oleh adaptasi silang maupun berbagai stres seperti stres asam, stres nutrisi, salinitas, temperatur, desikasi, maupun stres lainnya [22]. Sel yang diiradiasi hingga menjadi subletal dapat memicu modifikasi pada DNA mikroorganisme yang menjadikannya resisten terhadap iradiasi [23].

Tabel 2. Hasil Pengujian ALT

Penyimpanan (minggu)	Dosis (kGy)	ALT (CFU/g)	SNI (CFU /g) [21]
0	0	$1,6 \times 10^5$	< 10^6
	2	$9,0 \times 10^1$	
	4	0	
1	0	$1,5 \times 10^6$	
	2	$1,8 \times 10^1$	
	4	0	
2	0	$8,5 \times 10^6$	
	2	$5,0 \times 10^3$	
	4	$3,3 \times 10^1$	
3	0	$4,8 \times 10^7$	
	2	$5,9 \times 10^2$	
	4	$3,4 \times 10^1$	
4	0	$2,9 \times 10^7$	
	2	$3,7 \times 10^5$	
	4	$5,8 \times 10^3$	

Pada sampel yang tidak diiradiasi terjadi perlambatan laju pertumbuhan pada minggu ke-1 yang diakibatkan oleh *thermal shock*. Temperatur rendah dapat mengakibatkan perubahan fluiditas membran sel, menyebabkan DNA membentuk *supercoil*, dan meningkatkan kemungkinan putusannya *strand*. Hal ini mengganggu proses replikasi, transkripsi, dan translasi materi genetik serta mengganggu fungsi enzim dan ribosom. Temperatur dingin juga menyebabkan meningkatnya sensitivitas bakteri terhadap garam dan garam empedu akibat kerusakan membran. Temperatur dingin juga dapat menyebabkan membekunya molekul air disekitar sel sehingga menyebabkan meningkatnya konsentrasi senyawa yang menyebabkan terjadinya gangguan tekanan

osmosis pada sel. Guna menjaga stabilitas fluiditas membran sel beradaptasi dengan mengubah komposisi asam lemak pada membran sel. Sel juga memproduksi cold shock protein (Csps) untuk menstabilkan mRNA [24].

Seiring dengan adaptasi mikroorganisme pada sampel, laju pertumbuhan mengalami peningkatan hingga minggu ke-3. Pada minggu ke-3 hingga ke-4 terjadi penurunan jumlah mikroorganisme yang disebabkan laju pertumbuhan telah mencapai fasa stasioner atau kematian diakibatkan terbatasnya nutrisi, akumulasi metabolit sekunder seperti toksin dan banyaknya jumlah mikroorganisme pada sistem [25].

Pada penelitian lain [2], diketahui kwetiau yang dikemas dengan bahan *nylon* dengan kondisi vakum pada temperatur ruang dapat bertahan hingga tiga hari dengan nilai ALT $1,4 \times 10^5$ CFU/g sedangkan pada temperatur pendingin mampu bertahan hingga lebih dari 29 hari dengan nilai ALT $2,0 \times 10^2$ CFU/g. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai ALT yang lebih rendah meskipun tanpa perlakuan iradiasi. Hal ini diduga disebabkan oleh dua faktor yakni perbedaan permeabilitas bahan pengemas dan tingkat kontaminasi awal. Bahan pengemas *nylon* memiliki permeabilitas oksigen dan uap air yang lebih baik dibanding LDPE sedangkan kontaminasi awal pada penelitian yang dilakukan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian tersebut. Pada pengemas berbahan LDPE permeabilitas oksigen sebesar $500 - 700$ nmol/m²/s dan permeabilitas uap air sebesar $0,35$ nmol/m²/s. Pada pengemas berbahan dasar Nylon 6,6 permeabilitas oksigen hanya sebesar 7 nmol/m²/s dan permeabilitas uap air sebesar $0,95$ nmol/m²/s [26]. Oleh karena itu selain pemberian perlakuan penting untuk menjaga higienitas bahan pangan.

Analisa *Salmonella* spp.

Pada sampel kwetiau E yang diteliti tidak ditemukan *Salmonella* spp. yang telah sesuai dengan standar SNI 7388 – 2009 untuk kategori pangan mi basah yang menstandarkan hasil negatif per 25 g sampel [21].

Total koliform

Bakteri koliform digunakan sebagai indikator sanitasi pada proses pengolahan pangan dan sebagian bakteri koliform dapat saja bersifat patogen bagi manusia sebagaimana pada beberapa

strain bakteri *E. coli* seperti *E. coli* enterotoksigenik (ETEC), *E. coli* enteroinvasif (EIEC), *enterohemorrhagic E. coli* (EHEC), *E. coli* enteropatogenik (EPEC), dan *E. coli* enteroagregatif (EAEC) [27]. Pengujian total bakteri koliform pada sampel kwetiau yang diiradiasi menunjukkan hasil sebagai berikut,

Tabel 3. Hasil Pengujian Total Bakteri Koliform

Penyimpanan (minggu)	Dosis (kGy)	Rata – Rata (CFU/g)
0	0	$1,2 \times 10^5$
	2	$8,0 \times 10^1$
	4	0
1	0	$5,3 \times 10^5$
	2	$1,3 \times 10^1$
	4	0
2	0	$1,2 \times 10^6$
	2	$2,5 \times 10^3$
	4	2,5
3	0	$1,7 \times 10^7$
	2	$4,2 \times 10^2$
	4	$2,1 \times 10^1$
4	0	$2,7 \times 10^7$
	2	$2,1 \times 10^5$
	4	$3,9 \times 10^3$

Hasil pengujian menunjukkan iradiasi pada dosis 4 kGy efektif menahan laju pertumbuhan bakteri koliform pada kwetiau. Kontaminasi awal bakteri koliform sebesar $1,2 \times 10^5$ CFU/g dapat direduksi hingga tidak ditemukan koloni tumbuh sampai akhir minggu pertama dan ditemukan sebesar $3,9 \times 10^3$ CFU/g pada akhir minggu ke- 4. Penurunan jumlah bakteri koliform pada dosis 4 kGy diketahui mencapai 5,7 siklus log dan pada dosis 2 kGy mencapai 4,7 siklus log. Efektivitas iradiasi gamma terhadap bakteri koliform dapat dilihat dari karakteristik dinding selnya. Bakteri koliform ialah kelompok bakteri yang termasuk ke dalam gram negatif dan bukan merupakan bakteri pembentuk spora [28]. Secara umum bakteri gram negatif lebih sensitif terhadap iradiasi dibandingkan dengan bakteri gram positif. Bakteri yang mampu membentuk spora lebih resisten dibandingkan bakteri yang tidak mampu membentuk spora [29]. Pada bakteri gram negatif lapisan peptidoglikan pada membran sel lebih tipis dibandingkan pada bakteri gram positif. Bakteri gram positif memiliki dinding sel yang tersusun atas peptidoglikan yang tebal yakni muerin sedangkan pada gram negatif membran sel tersusun atas dua lapisan yakni lapisan

peptidoglikan yang tipis dan lapisan luarnya yang tersusun atas protein, fosfolipid, dan lipopolisakarida (LPS) yang menjadikannya lebih sensitif terhadap iradiasi [30].

Sensitivitas *E. coli* terhadap Iradiasi Gamma

Radiosensitivitas koloni bakteri *E. coli* diketahui dari nilai D_{10} yakni dosis minimum untuk membunuh 90 persen mikroba.

Tabel 4. Sensitivitas *E. coli* terhadap Iradiasi Gamma

Dosis (kGy)	Total Koloni (CFU/mL)	Nilai D_{10} (kGy)
0	$2,1 \times 10^7$	0,403
0,1	$1,8 \times 10^7$	
0,2	$1,2 \times 10^7$	
0,3	$3,3 \times 10^6$	
0,4	$2,1 \times 10^6$	

Pada pengujian ini didapatkan nilai D_{10} sebesar 0,403 kGy yang artinya diperlukan dosis sebesar 0,403 kGy untuk menurunkan satu desimal koloni *E. coli*. Hasil yang berbeda didapatkan untuk nilai D_{10} *E. coli* yang diisolasi dari sampel yang lain sebagaimana pada sampel hati sapi didapatkan nilai D_{10} sebesar 0,29 dan 0,28 kGy [31], pada sampel ikan tenggiri sebesar 0,05 kGy [32], dan pada sampel kerang hijau sebesar 0,15 kGy [33]. Pada berbagai penelitian yang telah disebutkan media pengujian sama – sama menggunakan suspensi dan dalam fasa pertumbuhan yang sama. Mikroorganisme yang berada pada fasa log akan lebih resisten dibandingkan dengan yang berada pada fasa stasioner karena masih aktif melakukan pembelahan [34]. Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi sensitivitas bakteri terhadap iradiasi yakni jumlah sel hidup, dosis, laju dosis, kadar air, komposisi produk dan kondisi penyimpanan [26].

Pada berbagai studi yang disebutkan terdapat perbedaan baik kadar air maupun komposisi penyusun lain di samping kemungkinan perbedaan *strain*. Perbedaan nilai D_{10} *E. coli* dapat disebabkan oleh perbedaan *strain* yang memungkinkan perbedaan ukuran genom. Semakin kecil ukuran genom suatu organisme semakin resisten organisme tersebut terhadap iradiasi. Pada sampel dengan kadar air yang tinggi sensitivitas bakteri akan lebih tinggi disebabkan adanya produk radiolitik dari molekul air. Iradiasi menyebabkan interaksi dengan molekul dalam sampel seperti molekul air. Molekul air yang

diiradiasi akan kehilangan elektron sebagaimana reaksi berikut $H_2O \rightarrow H_2O^+ + e^-$. Produk – produk pemecahan tersebut akan menyebabkan terbentuknya molekul hidrogen, molekul oksigen, hidrogen peroksida (H_2O_2), radikal hidroksil ($\cdot OH$), radikal hidrogen ($H\cdot$), dan radikal hidroperoksida ($HO_2\cdot$) yang dapat mempengaruhi asam nukleat dan memecahkan ikatan yang membentuk struktur mikroorganisme [35]. Pada kondisi pH yang lebih asam elektron cenderung ternetralisir oleh ion H^+ sedangkan pada temperatur yang lebih rendah reaksi kimia berjalan lebih lambat dan pada kondisi beku radikal yang terbentuk tidak dapat bergerak bebas pada matriks makanan [36]. Oleh karena itu terdapat perbedaan nilai D_{10} untuk mikroorganisme yang sama pada media dan kondisi yang berbeda.

Pengujian antibiotik *E. coli* kwetiau

Hasil pengujian sensitivitas bakteri *E. coli* yang diisolasi dari sampel kwetiau terhadap antibiotik *amoxicillin*, *tetracyclin*, dan sefoksitin sebagai berikut,

Tabel 5. Pengujian Sensitivitas Antibiotik *E. coli*

Antibiotik	Koloni kwetiau 1 & 2		Keterangan
	Zona Bening (mm)	zona bening (mm)	
<i>Amoxicillin</i>	19	18	Sensitif
<i>Tetracyclin</i>	20	20	Sensitif
Sefoksitin	14	13	Intermediate

Bakteri *E. coli* sensitif terhadap antibiotik *amoxicillin* dan *tetracyclin*. Serta bersifat intermediate terhadap antibiotik sefoksitin. *amoxicillin* dan sefoksitin tergolong kedalam golongan β -laktam yang bekerja dengan menghambat enzim transpeptidase dengan membentuk kompleks peniciloyl-enzim pada bakteri yang menghasilkan ikatan peptidoglikan yang lemah. Ikatan peptidoglikan yang lemah menyebabkan sel bakteri menjadi mudah lisis [37]. Antibiotik β -laktam memiliki sensitivitas yang lebih tinggi pada bakteri gram positif. Bakteri gram positif memiliki dinding sel yang tersusun atas peptidoglikan yang tebal yakni muerin, hal ini memudahkan antibiotik dengan mekanisme penghambatan sintesis peptidoglikan untuk bekerja. Pada bakteri gram negatif dinding sel tidak hanya tersusun atas peptidoglikan tetapi

terbagi menjadi dua layer yakni lapisan peptidolikan dan lapisan luarnya yang tersusun atas komponen lain seperti atas protein, fosfolipid, dan lipopolisakarida (LPS). Diantara kedua layer tersebut terdapat lapisan periplasmik yang berisi protein pengikat nutrien dan enzim – enzim degradasi dan detoksifikasi. Hal ini menjadikan bakteri gram negatif menjadi lebih resisten terhadap antibiotik β -laktam [30].

Berbeda dengan *amoxicillin* dan sefoksitin yang merupakan golongan β -laktam dengan mekanisme kerja menghambat pembentukan peptidoglikan, *Tetracyclin* bekerja dengan menghambat pembentukan ikatan antara *aminoacyl-tRNA* dengan *mRNA-ribosome complex* yang menghambat sintesis protein [38]. Hal ini menjelaskan mengapa *E. coli* yang diisolasi lebih sensitif terhadap *tetracyclin*.

Daya Patah Kwetiau

Perubahan tekstur pada sampel kwetiau yang telah diiradiasi dengan dosis 0, 2, dan 4 kGy dapat diketahui melalui pengujian daya patah dengan hasil sebagai berikut,

Tabel 6. Daya Patah Kwetiau dalam Berbagai Dosis Iradiasi

Dosis (kGy)	Daya patah (kPa)
0	3,09
2	5,50
4	3,19

Berdasarkan data pada tabel 6 diketahui pada kwetiau terjadi kenaikan daya patah setelah iradiasi dengan dosis 2 kGy namun daya patah kembali turun pada dosis 4 kGy menunjukkan adanya titik maksimum perbaikan tekstur pada proses iradiasi. Pada studi yang dilakukan terhadap mi beras *pad thai* diketahui tekstur *pad thai* yang diiradiasi dengan dosis 3 dan 4 kGy menjadi lebih lembek [39]. Hal ini menunjukkan kesesuaian dengan penurunan titik putus kwetiau pada dosis 4 kGy. Penurunan titik putus diduga diakibatkan terjadinya degradasi struktur pati pada kwetiau.

Perubahan tekstur yang terjadi pada kwetiau akibat iradiasi sesuai dengan berbagai penelitian terdahulu mengenai tepung beras yang merupakan bahan pembuat kwetiau. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sung, *et al.* [40] iradiasi dapat menggantikan proses aging pada tepung terigu untuk menghasilkan tekstur tertentu pada produk

mochi dan lain – lain disebabkan oleh kemampuan iradiasi gamma mendegradasi amilopektin pada tepung beras. Pada mi beras semakin tinggi kandungan amilosa yang memberikan tekstur rigid pada kwetiau.

KESIMPULAN

Iradiasi pada dosis 2 dan 4 kGy yang diikuti oleh penyimpanan dingin telah berhasil mempertahankan umur simpan hingga akhir pengamatan pada minggu keempat. Iradiasi pada dosis 2 kGy diketahui dapat meningkatkan daya putus kwetiau tetapi daya putus kembali turun pada dosis 4 kGy. Bakteri *E. coli* yang diisolasi dari kwetiau memiliki nilai D_{10} sebesar 0,403 kGy dan sensitif terhadap antibiotik *amoxicillin* dan *tetracyclin*. Tidak ditemukan *Salmonella spp.* pada sampel dan semua sampel positif mengandung formalin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Ibu Asih, Bapak Bonang, dan Bapak Nur dari Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) yang telah membantu proses penelitian dalam jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Thomas, Rachel, T.K. Yeoh, W.A. Wan-Nadiah, Rajeevbhat. Quality Evaluation of Flat Rice Noodles (Kway Teow) Prepared from Bario and Basmati Rice. *J. Sains Malaysiana*, 43, (3), (2514), 339–347, 2014.
- [2] Rachtanapun, Pornchai, Thitima Tangnonthapat. Effects of Packaging Types and Storage Temperatures on the Shelf Life of Fresh Rice Noodles under Vacuum Conditions. *Chiang Mai J. Sci.*, 2011, 38, (4), 579-589, 2011.
- [3] Kirom. BPOM Temukan Makanan di Kota Tangerang Mengandung Boraks & Formalin. <https://www.merdeka.com/peri-stiwa/bpom-temukan-makanan-di-kota->

- tangerang-mengandung-boraks formalin.html (Diakses 1 Oktober 2017).
- [4] Ruquoyah, Siti, Foe Peace Simbolon. Siomay dan Kwetiau di Sabang Jakpus Mengandung Formalin. <https://metro.news.viva.co.id/berita/metro/628936-siomay-dan-kwetiau-di-sabang-jakpus-mengandung-formalin> (Diakses 1 Oktober 2017).
- [5] Gry, Jørn, Christer Andersson. *Mushrooms Traded as Food. Vol II sec 2: Nordic risk assessments and background on edible mushrooms, suitable for commercial marketing and background lists for industry, trade and food inspection. Risk assessments of mushrooms on the four guidance lists.* Copenhagen : Nordic Council of Ministers, 2014.
- [6] Zeligler, Harold. *Human Toxicology of Chemical Mixtures (2nd ed.)*. Oxford, Elsevier, 2011.
- [7] Lin, Hsueh-Liang, Der-Sheng Chen, Chin-Hung Tsai, Shie-Jea Lin. Effects of acidification on the extension of shelf life of Japanese wet-type noodles (woon-long noodle). *Afr. J. Microbiol. Res.*, vol. 10, no. 45, pp. 1918-1925, 2016.
- [8] Ihsanullah, I., Azhar Rashid, Current activities in food irradiation as a sanitary and phytosanitary treatment in the Asia and the Pacific Region and a comparison with advanced countries. *J. Food Control*, vol. 72, pp. 345 – 359, 2017.
- [9] Ortega – Rivas, E. *Non-thermal Food Engineering Operations*. New York : Springer, 2012.
- [10] Banfalvi, Gaspar. *Permeability of Biological Membranes*. Cham : Springer, 2016.
- [11] Mahdi, Chanif. Alat Pendeteksi Cepat Kandungan Formalin Borak dan Rhodamin pada Makanan Hasil Penemuan Dosen Universitas Brawijaya yang Diproduksi Oleh Laboratorium BioChem., J. *VOK@SINDO*, vol. 1, no. 1, 2013.
- [12] Harsojo, S.Y. Sari. Bacterial Diversity in Buffalo Meat and Bowel from Traditional Market and the Sensitivity of Some Bacteria to Irradiation and Antibiotics. *J. Atom Indonesia*, vol. 41, no. 2, pp. 7985, 2015.
- [13] Andrews, Wallace H. ,Hua Wang, Andrew Jacobson, Dan Thomas Hammack, Bacteriological Analytical Manual (BAM) Chapter 5 Salmonella (8th ed.). <https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm070149.htm>, (Diakses 1 Oktober 2017).
- [14] Tchamba, Gertrude Bsadjo, Hadiza Ibrahim Bawa, Ariane Nzouankeu, Touwendsida Serge Bagre, Alfred S. Traore, Nicolas Barro, Isolation, characterization and antibiotic susceptibility of *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. isolated from local beverages (bissap, gnamakoudji) sold in Ouagadougou, Burkina Faso, *Int. J. Biosci.*, vol. 6, no. 2, pp. 112-119, 2015.
- [15] Hibeler, R.C., *Mechanics of Materials SI (8th ed.)*. London : Pearson, 2011.
- [16] Badan Standarisasi Nasional (BSN). SNI 01-2897-1992 Syarat Mutu Mi Basah. Jakarta, BSN, 1992.
- [17] Nuraida, Lilis, Nuri Andarwulan, Meilina Sukmawati, Elvina Yohana. Application of Herbs and Spices Extracts as Preservatives for Wet Noodles, *International Conference Proceeding Investing in Food Quality, Safety & Nutrition: Lessons Learned from Current Food Crisis*. Jakarta, October 27-28, 285-309, 2008.
- [18] Hayun, Kadek Harmita, Tri Bawono Pramudita. Determination of Formaldehyde Content in Wet Noodles by Thin Layer Chromatography-Densitometry After Derivatization with Nash Reagent. *Orient J Chem*, vol. 33, no. 3, 1400–1405, 2017.

- [19] Tatriatmadja, Silvana Pransisca, Taty Rusliaty Rusli. Uji Formalin Pada Makanan Mie di Sekitar Universitas Tarumanagara Jakarta. *Seminar Nasional Hasil Penerapan Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat III, 2016*, 2016.
- [20] Montet, Didier, Ramesh C. Ray (eds.). *Food Traceability and Authenticity: Analytical Techniques*. Boca Raton, CRC Press, 2017.
- [21] Badan Standarisasi Nasional (BSN). SNI 7388 : 2009 Batas Maksimum Cemaran Mikroorganisme dalam Pangan. Jakarta, BSN, 2009.
- [22] Gurtler, Joshua B., Michael P. Doyle, Jeffrey L. Kornacki (eds.). *Foodborne Pathogens: Virulence Factors and Host Susceptibility (1st ed.)*. Cham, Springer, 2017.
- [23] Ayari, Samia, Dominic Dussault, El Akrem Hayouni, Khanh Dang Vu, Moktar Hamdi, Monique Lacroix. Response of *Bacillus cereus* vegetative cells after exposure to repetitive sublethal radiation processing in combination with nisin. *J. Food Microbiology*, vol. 32, no. 2, December 2012, pp. 361-370, 2012.
- [24] Sant'ana, Anderson De Souza (ed.). *Quantitative Microbiology in Food Processing: Modeling the Microbial Ecology*. West Sussex, Wiley, 2017.
- [25] Kumar, Surinder. *Essentials of Microbiology*. New Delhi, Jaypee Brothers Medical Publisher, 2016.
- [26] Yam, Kit L. (ed.). *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology (3rd ed.)*. New Jersey, Wiley, 2009.
- [27] Erkmen, Osman, T. Faruk Bozoglu. *Food Microbiology: Principles Into Practice Vol. 1 Microorganism Related to Foods, Foodborne Diseases, and Food Spoilage*. West Sussex, Wiley, 2016.
- [28] Silva, Neusely D., Marta Hirotoni Taniwaki, Valeria Christina Junqueira, Neliena Silveira, Maristela Da Silva Do Nascimento, Renato Abeilar, Romeiro Gomes. *Microbiological Examination Methods of Food and Water: A Laboratory Manual*. Boca Raton, CRC Press, 2013.
- [29] Batt, Toretello (eds.). *Encyclopedia of Food Microbiology (2nd ed.)*. San Diego, Academic, 2014.
- [30] Mahon, Connie R., Donald C. Lehman, George Manuselis. *Textbook of Diagnostic Microbiology (5th ed.)*. Missouri, Saunders Elsevier, 2014.
- [31] Wiguna, Lauren Crisya. Peningkatan Keamanan Pangan pada Hati Sapi Segar dengan Menggunakan Iradiasi Gamma dan Penyimpanan Beku (Kajian Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan). Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, 2014.
- [32] Wardaty, Sela Febby. Efek Aplikasi Iradiasi Gamma dan Penyimpanan Temperatur Beku terhadap Sifat Mikrobiologis Ikan Tenggiri (*Schomberomus Sp*) (Kajian Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan). Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, 2016.
- [33] Putri, Fabryana Noor Anggita. Aplikasi Teknologi Iradiasi Gamma dan Penyimpanan Beku Sebagai Upaya Penurunan Bakteri Patogen pada Kerang Hijau (*Perna Viridis*) (Kajian Dosis dan Lama Penyimpanan). Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, 2014.
- [34] Motarjemi, Yasmine, Gerald Moy, Ewen Todd. *Encyclopedia of Food Safety*, vol. 1. San Diego, Academic Press, 2014.
- [35] Jeong, Mi-Ae, Rae-Dong Jeong. Applications of ionizing radiation for the control of postharvest diseases in fresh produce: Recent advances. *J. Plant*

-
- Pathology*, DOI: 10.1111/ppa. 12739, 2017.
- [36] Gomez-Lopez, Vincente M.. *Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce*. Iowa, Wiley Blackwell, 2012.
- [37] Kim, Nayoung. *Helicobacter pylori*. Singapore, Springer, 2016.
- [38] Kokate, Chandrakant, Ss Jalalpure, Pramod H.J, *Textbook of Pharmaceutical Biotechnology (1st ed.)*. New Delhi, Elsevier, 2011.
- [39] A. Noomhorm, T. Koomsanit, K. Pungsawat, T. Theamhong, W. Srisawas, P. Sirisoontarak, P. Vongsawasdi, A. Vitittheeranon, Use of irradiation to improve the safety and quality of Thai prepared meals, In *Irradiation to Ensure The Safety and Quality of Prepared Meals*. Vienna, IAEA, 2009.
- [40] Sung, Wen-Chieh, Mei-Chu Hong, Te-Sheng Chang. Effects of storage and gamma irradiation on (*japonica*) waxy rice. *J. Radiation Physics and Chemistry*, vol. 77, no. 1, pp. 92-97, 2008.