

## Dosis Sterilisasi Kemasan *Lip Gloss* Hasil Iradiasi Gamma

### *Sterilization Dose of Lip Gloss Packaging Results in Gamma Irradiation*

O. Purnomo<sup>1\*</sup>, B. Saputro<sup>3</sup>, A. Cici<sup>2</sup>, S.E. Shalsabilla<sup>2</sup>, D.S.R. Fadila<sup>2</sup>, R.L. Puspitasari<sup>1</sup>, D. Tetriana<sup>3</sup>, A.R. Syaputra<sup>3</sup>, I. Sugoro<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Al Azhar Indonesia

Jl. Sisingamangaraja No.2, Jakarta 12110, Indonesia

<sup>2</sup>Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

Jl. Ir H. Juanda No.95, Kota Tangerang Selatan, Banten 15412, Indonesia

<sup>3</sup>Organisasi Riset Tenaga Nuklir - Badan Riset dan Inovasi Nasional

Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440, Indonesia

\*Email : olipurnomo@gmail.com

### ABSTRAK

*Lip gloss* merupakan produk kosmetik yang berfungsi untuk melembabkan dan memberikan kilau pada bibir. Untuk mencegah terjadinya kontaminasi pada produk *lip gloss* dibutuhkan kemasan yang steril. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mencegah adanya kontaminasi yang berasal dari kemasan adalah sterilisasi dengan memanfaatkan radiasi gamma. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan dosis sterilisasi radiasi gamma pada kemasan *lip gloss* dan dampak terhadap fungsionalnya. Tahapan penelitian terdiri dari analisis *bioburden*, penentuan dosis verifikasi dan sterilisasi serta pengujian fungsional kemasan *lip gloss*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di dalam kemasan *lip gloss* terdeteksi adanya *bioburden* bakteri dan fungi. Berdasarkan ISO 11137, *Sterility Assurance Level* (SAL)  $10^{-2}$ , maka dosis verifikasi radiasi gamma untuk kemasan *lip gloss* adalah 7,7 kGy, sedangkan dosis sterilisasi untuk SAL  $10^{-6}$  adalah 20,9 kGy. Iradiasi terhadap kemasan *lip gloss* dengan dosis verifikasi dan sterilisasi menghasilkan kondisi steril kemasan dari *bioburden*. Akan tetapi, iradiasi menyebabkan terjadinya perubahan fungsional kemasan *lip gloss* dilihat dari warna kemasan, tetapi tidak mempengaruhi bagian *applicator*, *wiper* dan bulu *applicator*.

**Kata kunci :** *Lip gloss*, sterilisasi, radiasi gamma, dosis

### ABSTRACT

A lip gloss is a cosmetic product used for moisturizing the lips and making it look glossy. Sterile packaging is needed to prevent contamination in lip gloss products. One technology that can prevent contamination packaging is sterilization by utilizing gamma radiation. The study aimed to determine the dose of irradiation sterilization on lip gloss packaging and its functional impact. The research stages were analysis of *bioburden*, verification and sterilization dose, and functional testing from lip gloss packaging. The results showed that the lip gloss packaging detected the presence of *bioburden* bacteria and fungi. Based on ISO 11137, *Sterility Assurance Level* (SAL)  $10^{-2}$ , the gamma radiation verification dose for lip gloss packaging is 7.7 kGy, while the sterilization dose for SAL  $10^{-6}$  is 20.9 kGy. Irradiation of lip gloss packaging with verification and sterilization doses resulted in sterile packaging of the *bioburden*. However, irradiation causes functional changes in lip gloss packaging, finding from the color of the packaging but does not affect to the applicator, wiper, and fur sections of the applicator.

**Keywords:** Lip gloss, sterilization, gamma radiation, dose

### PENDAHULUAN

Kosmetik merupakan produk yang digunakan pada tubuh manusia guna mempercantik, membersihkan, dan mengubah penampilan dari konsumen. Pertumbuhan industri kosmetik di Indonesia berkembang sangat pesat. Karena, pasar kosmetik yang cukup besar dilihat dari jumlah penduduknya [1]. Penyebab meningkatnya permintaan produk kosmetik, selain pendapatan masyarakat yang meningkat, juga tidak terlepas akan kesadaran para konsumen

wanita yang benar-benar membutuhkan produk kosmetik. Pendapatan penjualan produk kosmetik di Indonesia diprediksi mencapai 1,88 miliar dolar AS pada tahun 2022 [2].

Salah satu produk kosmetik yang sering digunakan adalah produk pewarna bibir seperti *lipstick* dan *lip gloss*. Kosmetik jenis ini berfungsi untuk memberikan warna dan kilau pada bibir dan dibuat dalam bentuk cairan atau padatan lunak. Umumnya produk ini dikemas dalam tabung tembus cahaya, dengan berbagai

model seperti lapisan buram, berkilau, kaca, dan logam [3], yang dapat melindungi produk dan membantu menambah nilai jual [4]. Kemasan juga dapat membantu memberi informasi terkait produk mencakup logo merek, komposisi produk, bahan kemasan, gambar, deskripsi produk, bentuk, dan elemen pendukung lainnya [5]. Penelitian telah menunjukkan bahwa pengemasan dapat membuat suatu produk menonjol baik terhadap produk lain dan membuatnya mudah diingat [6].

Kemasan kosmetik pada dasarnya dibuat dari plastik petrokimia dan dapat dibedakan menjadi kemasan kaku dan fleksibel. Kemasan kaku umumnya terdiri dari botol dan tutup. Polimer yang paling banyak digunakan adalah *high density polyethylene* (HDPE), polipropilena (PP), kemasan UV *matte*, dan polietilena tereftalat (PET). Plastik berbasis petrokimia banyak digunakan dalam bidang kemasan karena ketersediaannya yang banyak, biaya rendah, sifat mekanik yang baik dan *heat saleability*. Selain itu, kemasan ini dapat menjaga produk dari oksigen, karbon dioksida, anhidrida, dan senyawa aroma dari lingkungan. Secara umum persyaratan khusus untuk kemasan kosmetik adalah menghalangi produk terhadap oksigen, air, ultra-violet (UV), migrasi zat kemasan ke produk (atau produk ke kemasan), dapat menjaga sifat-sifat produk sampai tanggal kadaluarsa, dan melindungi dari kontaminasi mikroorganisme [7].

Kemasan kosmetik harus memiliki sterilitas tinggi agar tidak menjadi sumber kontaminan mikroorganisme yang akan berdampak pada penurunan kualitas produk dan kekhawatiran dari konsumen [8]. Suatu produk dikatakan steril apabila tidak ada satupun mikroorganisme hidup pada produk tersebut. Sterilisasi merupakan suatu proses yang dapat membunuh mikroorganisme pada suatu produk [9]. Adanya cemaran mikroorganisme dalam sediaan kosmetik dapat menyebabkan timbulnya reaksi alergi, infeksi pada kulit, dan penyakit kulit lainnya. Dengan penggunaannya yang berulang dan cara penyimpanannya yang kurang tepat dapat menimbulkan cemaran mikroorganisme pada kosmetik [10]. Kosmetik harus memenuhi persyaratan mutu berdasarkan peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan No.12 Tahun 2019 tentang cemaran dalam kosmetika dan SNI 19-2946-1992 [11].

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mencegah adanya kontaminasi yang berasal dari kemasan adalah sterilisasi radiasi pengion.

Radiasi pengion merupakan salah satu cara sterilisasi terutama untuk material yang tidak tahan sterilisasi panas. Sterilisasi radiasi memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan metode lain, di antaranya tidak menimbulkan kenaikan temperatur atau sterilisasi dilakukan pada suhu kamar, sterilisasi dilakukan pada produk dalam kemasan akhir, dosis mudah dikontrol, tidak meninggalkan residu yang membahayakan [12]. *International Standard Organization* (ISO) menyebutkan bahwa dosis radiasi (gamma atau berkas elektron) minimum 25 kGy dapat digunakan untuk mensterilkan suatu produk kesehatan tanpa memperhitungkan jumlah kontaminasi awal mikroorganisme (*bioburden*) yang terdapat pada produk [13].

Namun, untuk mengetahui besarnya dosis iradiasi yang diperlukan untuk mensterilkan suatu produk tergantung pada jumlah kontaminasi awal mikroorganisme (*bioburden*) yang terdapat pada produk yang akan disterilkan. Semakin sedikit *bioburden* suatu produk, semakin kecil dosis iradiasi yang diperlukan untuk mensterilkan produk, hal ini dilakukan karena pemberian dosis iradiasi yang berlebihan dapat mengakibatkan kerusakan pada produk. Oleh karena itu, diperlukan dosis yang tepat untuk mendapatkan produk yang steril sekaligus meminimalkan kerusakan yang mungkin terjadi pada suatu produk. ISO 11137 dan ISO seri 11737 memberikan petunjuk untuk menentukan dosis sterilisasi radiasi berdasarkan pada perhitungan jumlah kontaminasi awal mikroorganisme pada suatu produk [12].

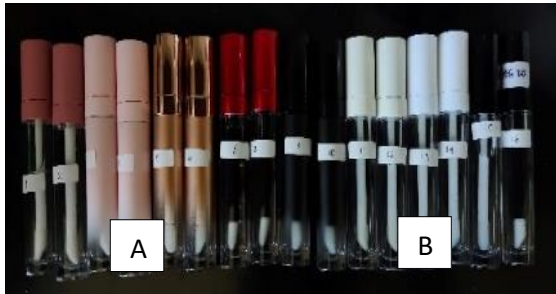
Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melihat tingkat cemaran mikroorganisme pada kemasan *lip gloss* dan menentukan dosis sterilisasi yang tepat menggunakan iradiasi gamma berdasarkan ISO 11137. Penggunaan iradiasi gamma dalam penelitian ini diharapkan menjadi metode alternatif untuk proses sterilisasi kemasan *lip gloss* yang menjadi syarat utama sebelum digunakan sebagai kemasan suatu produk. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat membantu industri kemasan kosmetik dalam menghasilkan produk steril sehingga dapat diterima oleh produsen kosmetik.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah kemasan *lip gloss* dengan bahan tutup plastik *acrylonitrile butadiene*

*styrene* (ABS) dan bahan kemasan plastik polipropilena (PP) yang diperoleh dari PT. Kemas Indah Maju dengan tipe *coating* (C) dan *non coating* (NC) (Gambar 1), media *Plate Count Agar* (PCA) dan media *Potatoes Dextrose Agar* (PDA) Oxoid®. Kemasan tipe C memiliki lapisan buram *matte*, sedangkan tipe NC tidak memiliki lapisan *matte* (transparan).



Gambar 1. Sampel kemasan *lip gloss* (a) *coating*, (b) *non coating*

## Metode

### Penentuan *bioburden*

Penentuan *bioburden* pada kemasan *lip gloss* dilakukan berdasarkan guidance ISO 11137 pada perhitungan jumlah kontaminasi awal mikroba pada suatu produk [6]. Metode yang digunakan adalah *Total Plate Count* (TPC) dengan pengenceran berseri dengan media tanam PCA dan PDA. Inkubasi dilakukan pada suhu ruang selama 2 hari untuk penghitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh di media PCA dan 3 hari untuk koloni fungi yang tumbuh di media PDA. Hasil yang diperoleh adalah cfu/kemasan untuk *bioburden* bakteri dan propagul/kemasan untuk fungi.

### Penentuan dosis verifikasi

Hasil *bioburden* yang diperoleh dijadikan dasar untuk mengetahui dosis verifikasi dan sterilisasi. Dosis verifikasi digunakan untuk mengestimasi tingkat jaminan sterilitas (*Sterility Assurance Level/SAL*), dengan SAL lebih dari atau sama dengan  $10^{-2}$  dan SAL  $10^{-6}$  sebagai dosis tertinggi yang digunakan dalam penentuan dosis sterilisasi. SAL adalah peluang mikroba yang masih hidup pada suatu produk setelah proses sterilisasi. Dosis verifikasi diketahui dari Tabel 5 pada ISO 11137-2: 2013.

### Iradiasi gamma

Sampel dimasukkan ke dalam kantung plastik PE dan diiradiasi pada dosis verifikasi dan sterilisasi yang diperoleh. Iradiator gamma yang digunakan Cell-220 *Upgraded* dengan laju dosis

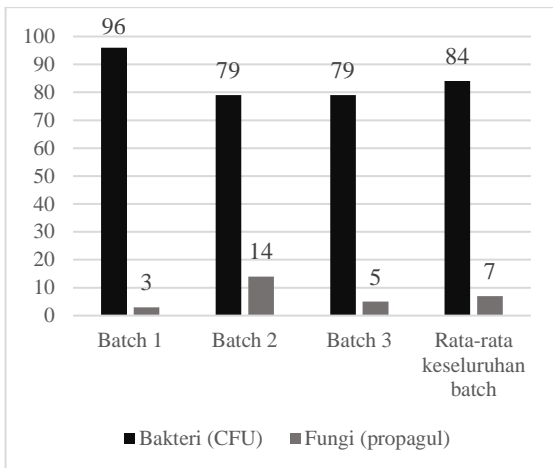
3.867,1 Gy/jam. Setelah iradiasi, semua sampel kembali diuji *bioburden* bakteri dan fungi.

### Uji fungsional

Uji fungsional dilakukan untuk memastikan kemasan sesuai dengan spesifikasinya. Pengujian fungsional dilakukan untuk mengukur uji *pull cover* (min. 5 KgF), *pull applicator* (min. 3 kgF), *load test* (min. 10 kgF), dan *vacuum test* (min. 38 cmHg/15 menit) dengan menggunakan alat yang *Push Pull Gauge* (maks. 50 kg). Untuk *load test ring vs cover* dilakukan dengan metode tekan menggunakan alat *push pull Gauge* dengan tambahan holder standing untuk alat bantu tambahan. Pengujian putaran buka/tutup *cover* menggunakan torque meter, sedangkan pengukuran gap *cover vs base* yang sudah terpasang menggunakan *teller gauge*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah *bioburden* bakteri dan fungi pada kemasan *lip gloss* menunjukkan hasil yang berbeda pada tiap-tiap batch (Gambar 2). Rata-rata *bioburden* bakteri dan fungi adalah 84 cfu/kemasan dan 7 propagul/kemasan. Kontaminan tersebut dapat berasal udara, operator, peralatan produksi, lingkungan penyimpanan dan proses pengiriman. Jenis dan jumlah mikroorganisme di atmosfer dipengaruhi keadaan lingkungan seperti kelembapan dan jumlah debu yang dihasilkan selama produksi pembuatan kemasan dan proses penyegelan. Faktor lingkungan seperti kelembapan dan aktivitas manusia mempengaruhi tingkat mikroorganisme di lingkungan produksi kemasan. Kontaminasi fisik dan kimia dapat dicegah pada tahap pra-produksi, tetapi kontaminan mikroba diperlukan penerapan sanitasi tingkat tinggi [14]. Pertumbuhan mikroorganisme yang teridentifikasi sebagai vektor patogen pada produk kosmetik dengan kadar air tinggi yaitu, *Escherichia hermannii*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, dan *Enterobacter* sp [15]. Jenis-jenis mikroorganisme tersebut dapat saja berasal dari kemasan yang tidak steril.



**Gambar 2.** Bioburden kemasan lip gloss.

Bahan kemasan lip gloss termasuk dalam kategori primer. Bahan pengemas primer memiliki peran ganda dalam menyimpan bahan dan mencegah kontaminasi mikroorganisme dan masuknya gas yang mudah menguap penyebab pembusukan. Pengemasan dapat menjadi sumber kontaminasi jika proses sterilisasi tidak benar. Mikroflora dari bahan kemasan tergantung pada komposisi dan metode penyimpanan. Bahan plastik seperti polietilen, polipropilen, dan polivinil klorida memiliki permukaan yang halus, sehingga jumlah mikroba pada permukaan rendah [14]. Penelitian yang menggunakan 100 sampel produk kosmetik dan perawatan diri menunjukkan hasil 15% sampel terkontaminasi bakteri mesofilik aerobik, 13% sampel terkontaminasi kapang dan fungi, dan 9% sampel terkontaminasi bakteri mesofilik aerobik, kapang dan fungi. Berdasarkan hasil tersebut standar kebersihan yang tinggi diperlukan dalam proses produksi untuk meminimalisir adanya kontaminasi mikroorganisme [8], termasuk dari kemasan yang akan diisi produk.

Menurut ISO 11137, bioburden rata-rata batch 1, 2, dan 3 harus lebih kecil dari dua kali rata-rata keseluruhan batch, sehingga bioburden rata-rata keseluruhan batch yang digunakan untuk penetapan dosis verifikasi [16]. Hasil pengujian menunjukkan nilai rata-rata bioburden setiap batch memenuhi standart tersebut. Jumlah bioburden rata-rata batch 1, 2, dan 3 pada kemasan lip gloss berturut-turut adalah 96, 79 dan 79 CFU sehingga bioburden rata-rata keseluruhan batch adalah 85 CFU. Berdasarkan Tabel 1 dengan mengacu pada SAL $10^{-2}$ , maka dosis verifikasi adalah 7,7 kGy.

**Tabel 1.** Dosis iradiasi (kGy) pada berbagai bioburden untuk mencapai SAL yang diinginkan [17].

Rata-rata bioburden	SAL (Sterility Assurance Level)				
	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
75	7,6	10,6	13,8	17,2	20,7
80	7,7	10,7	13,9	17,3	20,8
85	7,7	10,8	14,0	17,4	20,9
90	7,8	10,8	14,1	17,5	21,0
95	7,9	10,9	14,1	17,5	21,1

Keterangan:

Tabel di atas disalin dari Tabel 5 ISO 11137 dengan mengambil sebagian data pada kisaran dosis sterilisasi.

Selanjutnya sebanyak 100 sampel kemasan lip gloss diiradiasi dengan dosis verifikasi 7,7 kGy menggunakan iradiator gamma. Hasil pengujian sterilitas terhadap 100 sampel yang diiradiasi dengan dosis verifikasi dan SAL  $10^{-6}$  menunjukkan bahwa 100 sampel kemasan lip gloss tidak ditemukan pertumbuhan mikroorganisme (Tabel 2).

**Tabel 2.** Hasil bioburden uji sterilitas terhadap 100 sampel kemasan lip gloss setelah iradiasi dengan dosis 7,7 kGy (dosis verifikasi)

No. Sampel	Nilai	No. Sampel	Nilai	No. Sampel	Nilai	No. Sampel	Nilai
1	0	26	0	51	0	76	0
2	0	27	0	52	0	77	0
3	0	28	0	53	0	78	0
4	0	29	0	54	0	79	0
5	0	30	0	55	0	80	0
6	0	31	0	56	0	81	0
7	0	32	0	57	0	82	0
8	0	33	0	58	0	83	0
9	0	34	0	59	0	84	0
10	0	35	0	60	0	85	0
11	0	36	0	61	0	86	0
12	0	37	0	62	0	87	0
13	0	38	0	63	0	88	0
14	0	39	0	64	0	89	0
15	0	40	0	65	0	90	0
16	0	41	0	66	0	91	0
17	0	42	0	67	0	92	0
18	0	43	0	68	0	93	0
19	0	44	0	69	0	94	0
20	0	45	0	70	0	95	0
21	0	46	0	71	0	96	0
22	0	47	0	72	0	97	0
23	0	48	0	73	0	98	0
24	0	49	0	74	0	99	0
25	0	50	0	75	0	100	0

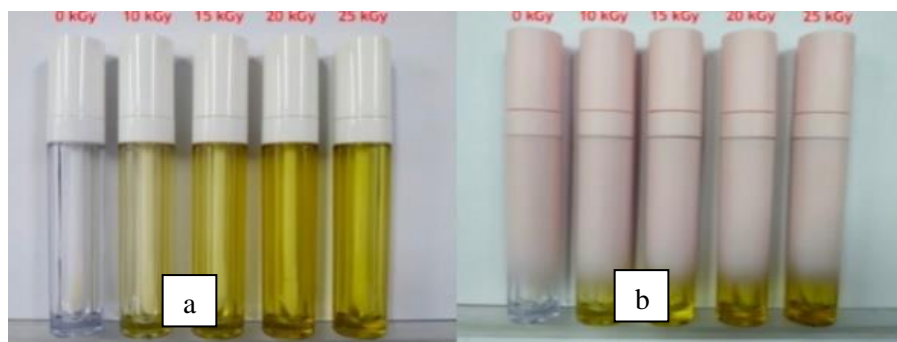
Menurut ISO 11137, 100 sampel yang telah diradiasi pada dosis verifikasi, hanya boleh maksimum 2 sampel yang tidak steril (terdapat pertumbuhan mikroorganisme) [17]. Berdasarkan hasil tersebut, maka dosis verifikasi sebesar 7,7 kGy dapat diterima dan digunakan untuk menetapkan dosis sterilisasi pada kemasan *lip gloss*. Kemasan *lip gloss* yang digunakan kembali harus memiliki tingkat jaminan sterilitas pada SAL  $10^{-6}$  yang memiliki arti bahwa setiap 1 juta produk yang disterilisasi, hanya boleh maksimum 2 yang tidak steril. Pengujian dengan menggunakan dosis sterilisasi 20,9 kGy menunjukkan hasil yang sama dengan dosis sterilisasi, dimana tidak terdeteksinya mikroba pada kemasan *lip gloss*.

Kematian mikroorganisme terjadi karena efek yang ditimbulkan oleh radiasi melalui interaksi primer atau sekunder. Radiasi pengion seperti sinar gamma berenergi tinggi akan merusak DNA dengan deposisi energi langsung atau interaksi sekunder atom atau molekul air. Interaksi sekunder terjadi karena adanya molekul air di sekitar yang memicu terbentuknya radikal

bebas OH<sup>-</sup> yang bertanggung jawab sebesar 90% atas kerusakan DNA [18].

Kondisi steril yang diperoleh ternyata tidak didukung oleh hasil dari uji fungsional yang menggunakan iradiasi gamma dosis 10 kGy sampai dengan 25 kGy. Kemasan *lip gloss* setelah iradiasi mengalami perubahan warna, baik pada bagian *part base, rod, ring*, dan penutup (Gambar 3). Semakin tinggi dosis iradiasi akan berefek semakin kuning pada kemasan. Hasil berbeda ditunjukkan pada bagian *applicator* dan *wiper* yang menunjukkan tidak terjadinya perubahan warna. Iradiasi gamma pun tidak berpengaruh pada kerekatan bulu *applicator*.

Struktur polipropilena (PP) sampel kosmetik adalah termoplastik yang diperoleh dengan reaksi polimerisasi adisi. PP telah menjadi salah satu polimer terpenting yang digunakan saat ini karena sifatnya yang unik berupa ketahanan kimia-fisika yang baik dan tidak beracun, tetapi PP memiliki kepekaan terhadap sinar UV, radiasi gamma dan faktor lingkungan lainnya [19].



Gambar 3. Kemasan *lip gloss* (a) *non coating* dan (b) *coating* setelah iradiasi gamma.

**Tabel 3.** Hasil uji fungsi terhadap sampel kemasan *lip gloss* setelah iradiasi dengan dosis 15 – 25 kGy.

Dosis Radiasi Gamma	Pull Cover (Min 5 KgF)		Pull Applicator (Min 3 kgF)		Load Test (Min 10 kgF)		Vacuum Test (Min 38 cmHg/15 Menit)	
	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C
0 kGy	14,39	13,09	3,65	3,6	15,3	14,5	+	+
10 kGy	14,35	14,29	3,63	4	14,3	17,5	+	+
15 kGy	13,94	14,52	3,67	3,6	15,1	16,9	+	+
20 kGy	13,32	14,38	3,45	2,8	16,3	14,1	+	+
25 kGy	13,21	13,89	3,54	3,9	16,3	18,5	+	+
Rata-rata	13,84	14,03	3,59	3,8	15,3	16,3		
Min.	13,21	13,09	3,45	3,6	14,3	14,1		
Maks.	14,39	14,52	3,67	4	16,3	18,5		

Ket: NC (*non coating*) dan C (*coating*); (+) tidak rusak

PP yang diberi perlakuan iradiasi gamma dalam kondisi atmosfer nitrogen memiliki sifat lentur yang lebih tinggi daripada yang disinari di udara. Hal ini dimungkinkan karena oksigen di atmosfer dapat terlibat dalam reaksi dengan radikal bebas dari PP yang disebabkan oleh sinar gamma [20]. Hal ini sejalan dengan pernyataan struktur molekul linier berubah menjadi struktur molekul yang berikatan silang. Interaksi radiasi berenergi tinggi dengan materi polimer, sehingga memicu reaksi kimia pembentukan maupun pemutusan ikatan kimia. Kedua proses ini dapat terjadi sekaligus atau lebih dominan tergantung dosis, laju dan media penyinaran. Film HDPE, PP dan OPP menunjukkan perubahan struktur optimal pada dosis iradiasi 50 kGy yang menyebabkan kerapuhan [21].

Hasil uji fungsi tidak menunjukkan perubahan karena dosis radiasi yang digunakan berkisar 10 – 25 kGy dan masih sesuai standar (Tabel 3). Uji tekan dengan beban 50 kg terhadap sampel *Pull Cover* dan *Applicator* PP NC menunjukkan terjadinya penurunan sifat mekanik dibandingkan kontrol, tetapi pada sampel *Pull Cover* dan *Applicator* PP C mengalami peningkatan sifat mekanik. Adanya bahan pelapis teradsorpsi pada polimer PP menjadi penyebab meningkatnya sifat mekanik dan ketahanan serta merubah fleksibilitasnya [22]. Sifat dan struktur polimer yang terlapisi (*coating*) ditunjukkan dalam beberapa penelitian antara lain RenShape®, Cibatool® dan *phenolic cotton laminated plastic laminate* (TCF) [23] dan polimer terlapisi berbasis PEEK, PTFE, ATSP dan campurannya [24]. Namun, proses fiksasi polimer pada bahan belum dipelajari secara rinci karena terdapat kompleksitas proses penetrasi polimer ke dalam struktur jaringan bahan. Akan tetapi secara khas, polimer yang dilapisi dengan polimer tertentu pada suhu tinggi setelah suhu turun, lapisan akan mengeras [25].

Modifikasi kristal PP akibat iradiasi gamma akan meningkatkan mobilitas molekul PP sehingga terjadi kerenggangan antar molekul yang mengakibatkan degradasi PP [26]. Nilai uji mekanik relatif konstan pada dosis rendah, tetapi ketika dosis ditingkatkan, nilai uji mekanik mengalami penurunan. Hal ini mengacu pada 2 sifat mekanik yaitu perpanjangan hasil degradasi bahan dan ikat silang yang terjadi secara bersamaan. Dapat diasumsikan bahwa proses degradasi belum terjadi pada dosis rendah (0-8 kGy). Secara umum, proses degradasi polimer PP

menghasilkan profil uji mekanik yang dipengaruhi oleh dosis iradiasi gamma pada permukaannya dan bereaksi cepat dengan radikal peroksida di udara. Radikal peroksida akan bereaksi dengan radikal pada *backbone* PP membentuk karbonil dan hidroksil yang akan bereaksi membentuk uap air dan karbon dioksida [27].

Berdasarkan hasil yang diperoleh, iradiasi gamma dapat dimanfaatkan untuk sterilisasi kemasan *lip gloss*. Akan tetapi, adanya dampak perubahan warna kemasan yang *non coating* menjadi bahan pertimbangan untuk industri kemasan kosmetik. Diperlukan bahan kemasan lain yang tidak menyebabkan perubahan warna bila diiradiasi gamma.

## KESIMPULAN

Bioburden bakteri dan fungsi terdeteksi pada kemasan *lip gloss*. Berdasarkan ISO 11137, *Sterility Assurance Level* (SAL)  $10^{-2}$ , maka dosis verifikasi radiasi gamma untuk kemasan *lip gloss* adalah 7,7 kGy, sedangkan dosis sterilisasi untuk SAL  $10^{-6}$  adalah 20,9 kGy. Akan tetapi, iradiasi gamma menyebabkan terjadinya perubahan fungsional kemasan *lip gloss* dilihat dari warna kemasan, meskipun tidak mempengaruhi fungsi bagian *applicator*, *wiper* dan bulu *applicator*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada pihak fasilitas iradiator Gamma Cell 220 AECL – Badan Riset Inovasi Nasional dan kepada PT. Kemas Indah Maju.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Selvia, “Pengaruh Country of Origin Terhadap Persepsi Kualitas Pada Produk Kosmetik Dari Negara Asean”, *J. Ilmu Manaj.*, vol. 287, pp. 287–294, 2016.
- [2] KEMENPERIN, “Perubahan Gaya Hidup Dorong Industri Kosmetik”. *kemenperin.go.id*, Jakarta, p. 1, Jan. 27, 2020.
- [3] K. Sharma *et al.*, “Investigation on the aged lip-gloss stains by TLC and FT-IR”, *Int. J. Med. Toxicol. Leg. Med.*, vol. 19, no. 1 and 2, pp. 36–41, 2016.
- [4] P. Kotler and K. Lane, “Manajemen

- pemasaran”, JKP vol 13, Jakarta: Erlangga, 2009.
- [5] R. L. Underwood, “The communicative power of product packaging: creating brand identity via lived and mediated experience”, *J. Mark. Theory Pract.*, vol. 11, no. 1, pp. 62–76, 2003.
- [6] V. Butkevičienė, J. Stravinskiene, and A. Rutelione, “Impact of consumer package communication on consumer decision making process”, *Eng. Econ.*, vol. 1, no. 56, pp. 57–65, 2008.
- [7] P. Cinelli, M. B. Coltelli, F. Signori, P. Morganti, and A. Lazzeri, “Cosmetic packaging to save the environment: Future perspectives”, *Cosmetics*, vol. 6, no. 2, pp. 1–14, 2019.
- [8] A. A. Jairoun et al, “Hidden formaldehyde content in cosmeceuticals containing preservatives that release formaldehyde and their compliance behaviors: Bridging the gap between compliance and local regulation”, *Cosmetics*, vol. 7, no. 4, pp. 1–10, 2020.
- [9] B. Darwis, Darmawan Abbas, “Aplikasi isotop dan radiasi dalam pembuatan dan pengembangan bahan biomaterial untuk keperluan klinis”, in *Seminar Nasional Keselamatan Kesehatan dan Lingkungan VI*, pp. 60–79, 2010.
- [10] D. M. Wenas, J. Suardi, and Wahidin, “Uji cemaran mikroba pada sediaan lipstik cair (microbial pollution test on liquid lipsticks)”, *J. Sci. Technol. Naskah*, no. September, pp. 49–60, 2020.
- [11] BPOM RI, “Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia”, *BPOM RI*, vol. 11, no. 88, pp. 1–16, 2019.
- [12] L. Darwis, Darmawan; Warastuti, Yessy; Hardiningsih, “Penentuan dosis sterilisasi membran selulosa mikroba dengan iradiasi berkas elektron berdasarkan ISO 11137”, *J. Ilm. Apl. Isot. dan Radiasi*, vol. 5, no. 2, pp. 165–176, 2013.
- [13] ISO 20200:2004, “Sterilization of health care products — radiation — part 1: requirements for development, validation and routine control of a sterilization process for medical devices”, *61010-1* © Iec2001, vol. 2003, p. 13, 2003.
- [14] J. O. Jeje and K. T. Oladepo, “A study of sources of microbial contamination of packaged water”, *Trans J Sci Technol*, vol. 2, no. 9, pp. 63–76, 2012.
- [15] A. Bashir and P. Lambert, “Microbiological study of used cosmetic products: highlighting possible impact on consumer health”, *J. Appl. Microbiol.*, vol. 128, no. 2, pp. 598–605, 2020.
- [16] ISO. 11137-3:2017, “Sterilization of health care products – Radiation – Part 3: Guidance on dosimetric aspects of development, validation and routine control”, vol. 2017, p. 5, 2017.
- [17] T. Corrigendum, “Sterilization of health care products – Radiation – Part 2 : Establishing the sterilization dose”, *Order A J. Theory Ordered Sets Its Appl.*, vol. 2009, no. 2014, pp. 1059787–1059787, 2009.
- [18] IAEA, *Trends in Sterilization of Health Care*. 2008.
- [19] R.S.G. Romano et al., “Accelerated environmental degradation of gamma irradiated polypropylene and thermal analysis”, *J. Therm. Anal. Calorim.*, vol. 131, no. 1, pp. 823–828, 2018.
- [20] S. Rimdusit et al., “Effects of gamma irradiation with and without compatibilizer on the mechanical properties of polypropylene/wood flour composites”, *J. Polym. Res.*, vol. 18, no. 4, pp. 801–809, 2011.
- [21] S. Iramani, Dian, Sudirman, “Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap sifat mekanik film plastik pengemas berbasis polietilena dan polipropilena”, *J. Sains Mater. Indones.*, vol. 7, no. 2, p. J. Sains Mater. Indones., 2018.
- [22] S. Horiashchenko et al., “Mechanical

- properties of polymer coatings applied to fabric”, *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 11, pp. 1–13, 2020.
- [23] J. Musiał *et al.*, “Abrasion wear resistance of polymer constructional materials for rapid prototyping and tool-making industry”, *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 4, 2020.
- [24] P. Lan, E.E. Nunez, and A. A. Polycarpou, “Advanced Polymeric Coatings and Their Applications: Green Tribology”, *Elsevier Ltd.*, 2020.
- [25] V. M. Potočić Matković and Z. Skenderi, “Mechanical properties of polyurethane coated knitted fabrics”, *Fibres Text. East. Eur.*, vol. 100, no. 4, pp. 86–91, 2013.
- 26] A. Adurafimihan Abiona and A. Gabriel Osinkolu, “Gamma-irradiation induced property modification of polypropylene”, *Int. J. Phys. Sci.*, vol. 5, no. 7, pp. 960–967, 2010.
- [27] M. Romero *et al.*, “ESR investigations on gamma irradiation on blends of PP/virgin hope and PP/recycled hope”, *Rev. la Fac. Ing.*, vol. 19, no. 2, pp. 19(2):115-122, 2004.