

PENGARUH IRADIASI SINAR GAMMA TERHADAP SIFAT MEKANIK FILM PLASTIK PENGEMAS BERBASIS POLIETILENA DAN POLIPROPILENA

Dian Iramani¹ dan Sudirman²

¹Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) - BATAN
Jl. Raya Cinere Pasar Jumat, Jakarta

²Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) - BATAN
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang

ABSTRAK

PENGARUH IRADIASI SINAR GAMMA TERHADAP SIFAT MEKANIK FILM PLASTIK PENGEMAS BERBASIS POLIETILENA DAN POLIPROPILENA. Untuk mengetahui ketahanan plastik pengemas terhadap iradiasi gamma telah dilakukan percobaan pengaruh sinar gamma terhadap sifat mekanik film plastik pengemas. Film plastik pengemas yang dicoba adalah *low density polyethylene* (LDPE), *high density polyethylene* (HDPE), *polypropylene* (PP) dan *oriented polypropylene* (OPP) yang beredar dipasar dengan tebal 0,03 mm. Percobaan dilakukan dengan iradiasi film plastik pengemas pada dosis 10 kGy, 30 kGy, 50 kGy dan 100 kGy dengan laju dosis 6 kGy/jam kemudian disimpan pada suhu ruang selama 2 tahun. Pengujian tegangan putus dilakukan dengan arah potong *dumbel* sejajar serat dan tegak lurus serat pada film pengemas. Hasil menunjukkan bahwa tegangan putus dan perpanjangan putus optimal pada dosis iradiasi 30 kGy. Film LDPE nilai optimal tegangan putusnya 440 kg/cm², HDPE 560 kg/cm², PP 550 kg/cm² dan OPP 2500 kg/cm². Fraksi gel optimal pada dosis iradiasi 50 kGy. Perpanjangan putus setelah penyimpanan sedikit mengalami penurunan. Setelah penyimpanan nilai optimal tegangan putus menjadi LDPE 290 kg/cm², HDPE 280 kg/cm², PP 250 kg/cm² dan OPP 1200 kg/cm².

Kata kunci : Sifat mekanik, iradiasi gamma, polietilena, polipropilena

ABSTRACT

THE EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON MECHANICAL PROPERTIES IN PLASTIC PACKAGING FILM BASED POLYETHYLENE AND POLYPROPYLENE. For knowing the strength of plastic packaging film by irradiation, an experiment has been done for mechanical properties at that materials was caused by gamma rays. The plastic packaging films has been tried on 0,3 mm thickness, they were low density polyethylene (LDPE), high density polyethylene (HDPE), polypropylene (PP) dan oriented polypropylene (OPP). The experiment carried out by irradiated plastic packaging with gamma rays at dose 10, 30, 50 and 100 kGy and dose rate at 6 kGy/hr and it was evaluated before and after storage in room temperature for 2 years. Characterization were done by tensile tester at horizontal and vertical direction for dumbell. The experimental result showed that tensile strength and elongation at break optimally dose at 30 kGy. The optimally tensile strength were LDPE film at 440 kg/cm², HDPE 560 kg/cm², PP 550 kg/cm² and OPP 2500 kg/cm². Gell fraction optimally dose at 50 kGy. After storage treatments elopngation at break and tensile strength decrease. The degreasing tensile strength were LDPE film at 290 kg/cm², HDPE 280 kg/cm², PP 250 kg/cm² and OPP 1200 kg/cm².

Key words : Mechanical properties, gamma irradiation, polyethylene, polypropylene

PENDAHULUAN

Pada masa ini, plastik pengemas banyak digunakan untuk memenuhi berbagai keperluan sehingga plastik mendapatkan berbagai perlakuan. Disamping itu juga dijumpai plastik dengan berbagai jenis, bentuk dan tebal yang sangat beragam. Plastik pengemas dipakai dengan maksud sebagai pelindung, penanda, memperbaiki penampilan dan pembungkus barang. Jenis plastik pengemas yang ada dipasar dalam bentuk film

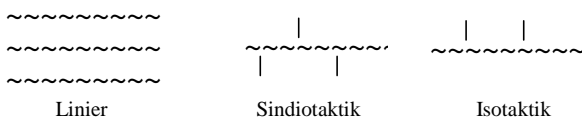
kantung dengan tebal 0,03 mm diantaranya dengan bahan baku dari LDPE, HDPE, PP dan OPP.

Proses pembuatan plastik dapat dilakukan berbagai teknik : *extrusion*, *injection moulding*, *blow moulding* (*blow moulding* ekstruksi, *blow moulding* injeksi dan *blow moulding stretch*), *calendering*, *thermoforming* dan *rotomoulding*. Pada umumnya proses pembuatan bahan termoplastik ke bentuk

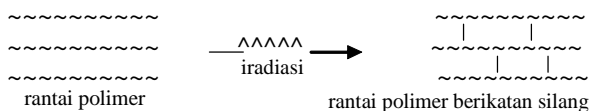
lembaran melalui proses *calandring* (melelehkan, menuangkan atau meniup dan mendinginkan kemudian menggulung), sedangkan bentuk botol melalui proses *blow moulding*, *injection moulding* dan *rotomoulding*.

Dari keempat bahan baku pembuatan plastik pengemas memiliki berbagai kelemahan dan keunggulannya tetapi aplikasinya tergantung dari sifat dasarnya sehingga akan mempengaruhi sifat mekaniknya. LDPE adalah polimer polietilena dengan massa jenis rendah yaitu 0,926 g/cm³, titik lelehnya 110° C sebagai bahan pengemas visualnya cukup bening bersifat lentur dan elastis tetapi mudah sobek dan tidak tahan panas. Sedangkan HDPE adalah polietilena dengan massa jenis tinggi yaitu 0,941-0,965 g/cm³, titik lelehnya 135° C sebagai bahan pengemas visualnya tidak bening (buram) bersifat kaku, kurang elastis tetapi kuat dan tahan panas. Bahan pengemas PP mempunyai massa jenis 0,905 g/cm³, titik lelehnya 170° C visualnya transparan bersifat sedikit kaku, elastis tetapi agak rapuh. Sedangkan OPP merupakan film yang kristalinitasnya tinggi, titik lelehnya 120° C sampai dengan 140°C. Sebagai bahan pengemas visualnya sangat bening sifat mekaniknya kuat tetapi mudah sobek/rapuh.

Berdasarkan struktur polimer; HDPE berstruktur *linier*, susunan rantainya padat sekali sedangkan LDPE bercabang susunan rantainya tidak padat dengan konfigurasi rantai cabangnya memberikan taktisitas *sindiotaktik*. Struktur polimer PP adalah bercabang disatu sisi atau *isotaktik* dan OPP merupakan polipropilena yang dibuat dengan proses pengaturan struktur kristal sehingga kristalinitasnya tinggi. Struktur polimer dapat digambarkan sebagai berikut :

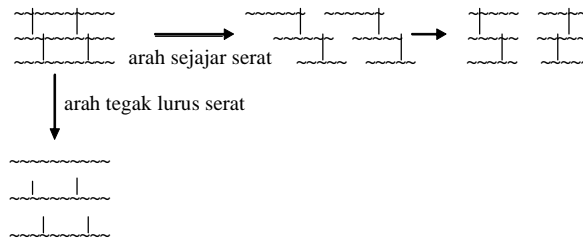


Dalam pengujian sifat mekanik film pengemas dilakukan pemotongan *dumbel* dengan arah potong sejajar dan tegak lurus arah tarik mesin atau sejajar dan tegak lurus serat. Hal ini untuk melihat pengaruh tegangan putusnya akibat deformasi molekul pada penarikan atau peregangannya. Model pembentukan ikatan silang dan deformasi rantai polimer dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambaran deformasi rantai polimer pada tarikan untuk film sejajar dan tegak lurus serat terlihat pada gambar selanjutnya.

Polietilena dan polipropilena adalah polimer hidrokarbon jika diiradiasi akan mengalami perubahan sifat fisik – mekanik, perubahan dapat mengarah kepada sifat menjadi lebih baik atau memburuk. Hal ini



dikarenakan interaksi radiasi berenergi tinggi dengan materi polimer akan memicu terjadinya reaksi kimia yang berupa pembentukan ikatan maupun pemutusan ikatan kimia. Kedua proses terjadi bersama dan proses mana yang dominan tergantung dari struktur polimer dan kondisi radiasi seperti dosis, laju dosis dan media peninarannya [1].

Polietilena dan polipropilena adalah polimer yang akan berikatan silang (*crosslink*) akibat perlakuan iradiasi sehingga dapat memperbaiki sifat mekaniknya. Sedangkan poliisobutilena dan polimetakrilat adalah polimer yang akan mengalami pemecahan rantai utama polimer (degradasi) sehingga terjadi penurunan sifat mekaniknya [2]. Dilakukan iradiasi dengan variasi dosis untuk mengetahui perubahan yang terjadi terhadap sifat mekaniknya.

Fraksi gel merupakan indikasi terbentuknya ikatan silang dalam molekul. Pada umumnya bertambah besar persentasi fraksi gel, semakin meningkat ikatan silang yang terjadi dalam polimer [3]. Tetapi jika semakin tinggi rapat ikat silang maka polimer yang bersangkutan akan semakin keras, rapat ikat silang yang sangat tinggi akan menimbulkan kerapuhan [4].

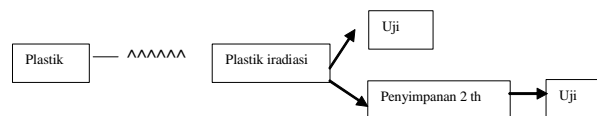
Bahan pengemas sebagai pelindung dan pembungkus biasanya dipakai dalam jangka waktu yang lama sehingga perlu dilihat sifat mekanik setelah dilakukan penyimpanan. Penyimpanan dilakukan dalam suhu ruang selama dua tahun. Dengan percobaan ini diharapkan dapat mengetahui perubahan sifat mekanik bahan pengemas terhadap dosis iradiasi dan penyimpanan.

METODE PERCOBAAN

Bahan

Kantung plastik (PE, HDPE dan PP) cap bawang, Film OPP (sampul buku), *xylene*

Alat



Irradiator sinar gamma, peralatan ekstraksi, pisau potong *dumbel* ASTM D 1822-L dan Strogaph R-1

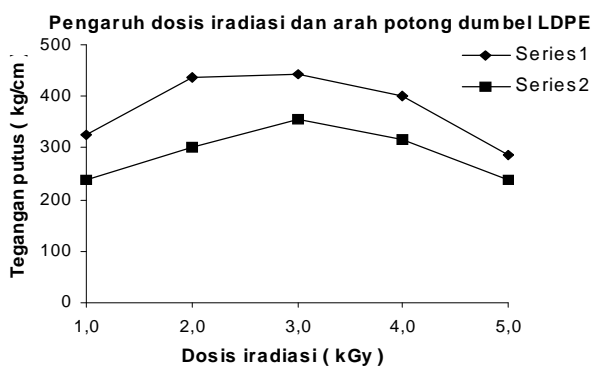
Cara Kerja

Film plastik pengemas di iradiasi pada dosis 10 kGy, 30 kGy, 50 kGy dan 100 kGy dengan laju dosis 6 kGy/jam. Dipotong dengan pisau potong/cetak *dumbel* pada arah potong sejajar dan tegak lurus serat. Kemudian diuji tegangan putus dan perpanjangan putus dengan Stograph R-1, sebagian diuji setelah disimpan pada suhu ruang selama 2 tahun. Perhitungan tegangan putus diperoleh dari beban yang diperlukan untuk menarik potongan uji sampai putus dibagi luas penampang (kg/cm^2), perpanjangan putus diukur dari selisih perpanjangan putus maksimal dibagi panjang awal ($L-L_0/L_0$). Untuk mengetahui derajat ikatan silang yang terjadi dilakukan ekstraksi dengan *xylene* selama 24 jam, perhitungannya dari berat yang tidak larut dibagi berat awal (W_1/W_0).

HASIL DAN PEMBAHASAN

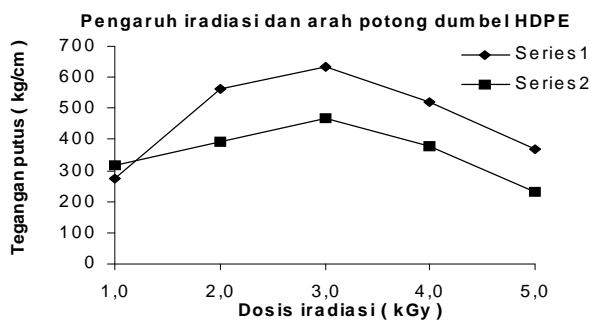
Perubahan sifat mekanik film pengemas akibat iradiasi dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4. Dengan iradiasi ada peningkatan tegangan putus kemudian mengalami penurunan.

Pada Gambar 1 dan Gambar 2 memperlihatkan bahwa dosis iradiasi mempengaruhi tegangan putus film



Seri 1 adalah *dumbel* dengan arah potong sejajar
 Seri 2 adalah *dumbel* dengan arah potong tegak lurus

Gambar 1. Pengaruh dosis iradiasi dan arah potong *dumbel* plastik pengemas LDPE

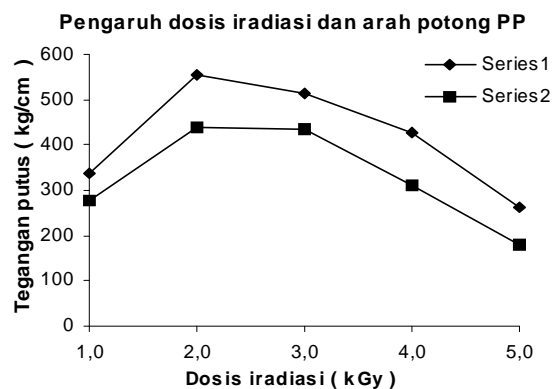


Seri 1 adalah *dumbel* dengan arah potong sejajar
 Seri 2 adalah *dumbel* dengan arah potong tegak lurus

Gambar 2. Pengaruh dosis iradiasi dan arah potong *dumbel* HDPE

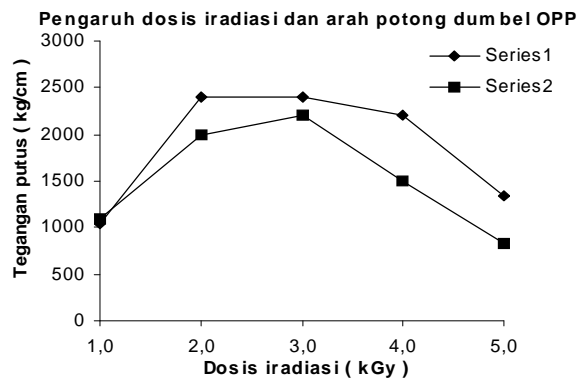
pengemas LDPE dan HDPE dengan arah potong *dumbel* sejajar dan tegak lurus serat. Tegangan putus meningkat seiring meningkatnya dosis iradiasi sampai optimal pada dosis iradiasi 30 kGy. Film LDPE optimal dengan nilai 440 kg/cm^2 dan film HDPE 560 kg/cm^2 sedangkan pada dosis iradiasi 100 kGy menurun menjadi 280 kg/cm^2 untuk film LDPE dan 370 kg/cm^2 untuk film HDPE. Pengaruh arah potong *dumbel* memperlihatkan bahwa arah potong sejajar serat tegangan putusnya lebih tinggi dari pada arah potong tegak lurus serat. Hal disebabkan mekanisme susunan molekul saat penarikan masih dipengaruhi oleh ikatan silang sedangkan arah potong tegak lurus saat penarikan ikatan silang mudah lepas.

Pada Gambar 3 dan Gambar 4 memperlihatkan bahwa dosis iradiasi mempengaruhi tegangan putus film pengemas PP dan OPP dengan arah potong *dumbel* sejajar dan tegak lurus serat. Tegangan putus meningkat seiring meningkatnya dosis iradiasi sampai optimal pada dosis iradiasi 10 kGy sampai dengan 30 kGy. Film PP arah potong sejajar serat optimal dengan nilai 550 kg/cm^2 dan film OPP 2500 kg/cm^2 sedangkan pada dosis iradiasi 100 kGy menurun menjadi 260 kg/cm^2 untuk film PP dan film OPP 820 kg/cm^2 .



Seri 1 adalah *dumbel* dengan arah potong sejajar
 Seri 2 adalah *dumbel* dengan arah potong tegak lurus

Gambar 3. Pengaruh dosis iradiasi dan arah potong *dumbel* plastik PP



Seri 1 adalah *dumbel* dengan arah potong sejajar
 Seri 2 adalah *dumbel* dengan arah potong tegak lurus

Gambar 4. Pengaruh dosis iradiasi dan arah potong *dumbel* OPP

Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Pengemas Berbasis PE dan PP (Dian Iramani)

Fraksi gel adalah bagian yang tidak larut dari polimer setelah diekstraksi dengan pelarut xylene selama 24 jam. Fraksi yang tidak larut ini adalah sebagian struktur molekuler yang awalnya linier berubah menjadi struktur molekuler yang berikatan silang. Dari Tabel 1 dapat dijelaskan perolehan presentasi fraksi gel setelah iradiasi dengan dosis 10 kGy sampai dengan 100 kGy. Fraksi gel film HDPE, PP dan OPP optimal pada dosis iradiasi 50 kGy hal ini menjelaskan terjadinya pengikatan silang optimal. Tetapi pengikatan silang yang tinggi akan menimbulkan kerapuhan sampel hal ini dapat diperhatikan hasil tegangan putus yang mulai menurun pada dosis 50 kGy. Fraksi gel film LDPE tidak terukur karena larut semua dalam pelarut *xylene*.

Pengaruh dosis iradiasi dan penyimpanan terhadap perpanjangan putus film pengemas LDPE, HDPE, PP dan OPP disajikan dalam Tabel 2. Perpanjangan putus sebelum penyimpanan film LDPE dan HDPE

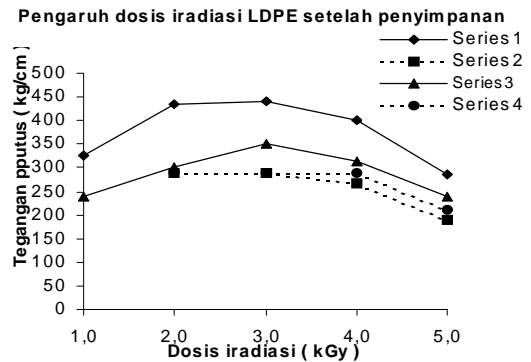
mengalami kenaikan dan optimal pada dosis iradiasi 30 kGy. Arah potong *dumbel* tegak lurus perpanjangan putusnya lebih besar dari arah potong *dumbel* sejajar

Tabel 1. Pengaruh dosis iradiasi terhadap fraksi gel.

Sampel	Fraksi gel (%)			
	10 kGy	30 kGy	50 kGy	100 kGy
LDPE	-	-	-	-
HDPE	50,87	80,45	95,63	30,00
PP	55,00	77,22	97,90	54,45
OPP	89,00	89,85	97,01	78,50

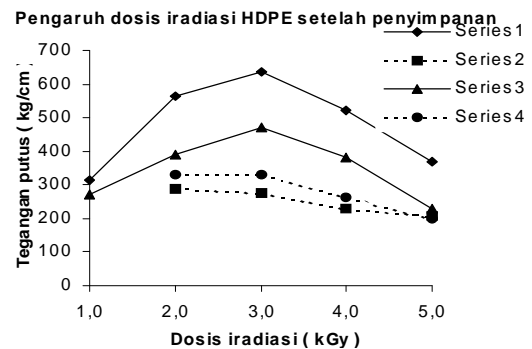
Tabel 2. Pengaruh dosis iradiasi dan arah potong *dumbel* terhadap perpanjangan putus sebelum dan sesudah penyimpanan.

Sampel	Sebelum Penyimpanan		Sesudah Penyimpanan	
	Sejajar (%)	Tegak lurus (%)	Sejajar (%)	Tegak lurus (%)
LDPE 0 kGy	580	890	-	-
10 kGy	620	900	600	900
30 kGy	650	950	550	800
50 kGy	700	900	500	800
100 kGy	600	800	500	700
HDPE 0 kGy	400	800	-	-
10 kGy	400	850	300	800
30 kGy	500	970	300	850
50 kGy	500	900	300	700
100 kGy	500	500	300	300
PP 0 kGy	550	600	500	500
10 kGy	700	800	600	500
30 kGy	700	700	120	240
50 kGy	600	560	0	70
100 kGy	50	0	0	0
OPP 0 kGy	0	0	-	-
10 kGy	150	50	50	75
30 kGy	130	50	50	50
50 kGy	100	50	50	50
100 kGy	0	0	0	0



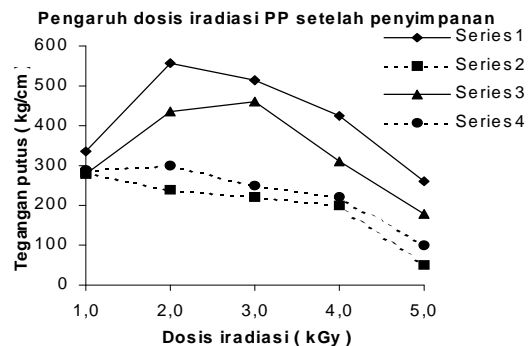
Seri 1 : Film arah potong sejajar sebelum penyimpanan.
Seri 2 : Film arah potong sejajar setelah penyimpanan.
Seri 3 : Film arah potong tegak lurus sebelum penyimpanan.
Seri 4 : Film arah potong tegak lurus setelah penyimpanan.

Gambar 5. Pengaruh dosis iradiasi film LDPE terhadap tegangan putus setelah penyimpanan 2 th



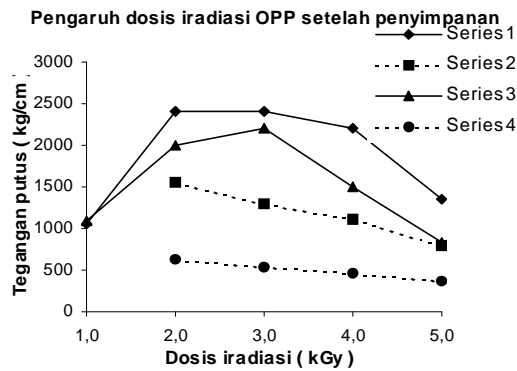
Seri 1 : Film arah potong sejajar sebelum penyimpanan.
Seri 2 : Film arah potong sejajar setelah penyimpanan.
Seri 3 : Film arah potong tegak lurus sebelum penyimpanan.
Seri 4 : Film arah potong tegak lurus setelah penyimpanan.

Gambar 6. Pengaruh dosis iradiasi film HDPE terhadap tegangan Putus setelah penyimpanan



Seri 1 : Film arah potong sejajar sebelum penyimpanan.
Seri 2 : Film arah potong sejajar setelah penyimpanan.
Seri 3 : Film arah potong tegak lurus sebelum penyimpanan.
Seri 4 : Film arah potong tegak lurus setelah penyimpanan.

Gambar 7. Pengaruh dosis iradiasi film PP terhadap tegangan putus setelah penyimpanan 2 th.



Seri 1 : Film arah potong sejajar sebelum penyimpanan.
 Seri 2 : Film arah potong sejajar setelah penyimpanan.
 Seri 3 : Film arah potong tegak lurus sebelum penyimpanan.
 Seri 4 : Film arah potong tegak lurus setelah penyimpanan.

Gambar 8. Pengaruh dosis iradiasi film OPP terhadap tegangan putus setelah penyimpanan 2 th.

hal ini disebabkan ikatan silang yang mudah lepas. Sedangkan untuk film PP dan OPP perpanjangan putusnya optimal pada dosis iradiasi 10 kGy. Film OPP tegangan putus tinggi tetapi perpanjangan putusnya rendah dan arah potong *dumbel* tegak lurus serat tidak terjadi perpanjangan putus.

Sesudah penyimpanan perpanjangan putus film LDPE dan HDPE mengalami sedikit penurunan hal ini menunjukkan bahwa sifat elastisnya masih baik. Untuk film OPP perpanjangan putusnya mengalami penurunan lebih besar dibanding film PP dan pada dosis 50 kGy film PP mudah patah.

Pengaruh dosis iradiasi terhadap tegangan putus arah potong sejajar dan tegak lurus setelah penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8. Pada kurva digambarkan bahwa pada dosis optimal tegangan putus mengalami penurunan hampir 50 % dibandingkan sebelum penyimpanan. Setelah penyimpanan nilai optimal tegangan putus menjadi LDPE 290 kg/cm², HDPE 280 kg/cm², PP 250 kg/cm² dan OPP 1200 kg/cm². Nilai tegangan putus pada arah potong *dumbel* sejajar dan tegak lurus serat besarnya hampir sama.

KESIMPULAN

1. Dosis iradiasi mempengaruhi tegangan putus (kekuatan tarik) dan perpanjangan putus film pengemas, optimal pada dosis iradiasi 30 kGy. Film LDPE nilai optimal tegangan putusnya 440 kg/cm², HDPE 560 kg/cm², PP 550 kg/cm² dan OPP 2500 kg/cm².
2. Fraksi gel film pengemas optimal pada dosis iradiasi 50 kGy.
3. Film pengemas masih kuat dan bisa dipakai walau mengalami penurunan pada tegangan putus dan perpanjangan putusnya. Setelah penyimpanan nilai optimal tegangan putus menjadi LDPE 290 kg/cm², HDPE 280 kg/cm², PP 250 kg/cm² dan OPP 1200 kg/cm².

DAFTARACUAN

- [1]. HILMY, N., dan SUNDARDI, F., Efek Radiasi Sinar Gamma pada Sifat Fisika Film Polipropilen dan Polietilen, *Majalah BATAN*, XV (2), (1982)
- [2]. DIEHL, J.F., *Safety of Irradiated Food*, Marcel Dekker, Inc. (1990)
- [3]. MIRZAN, T. et al, Radiasi Pengikatan Silang Polietilen Bahan Isolasi Kabel Tahan Panas, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi BATAN*, Jakarta (1996)
- [4]. MALCOM and P. STEVEN, *Kimia Polimer*, Alih Bahasa Iis Sopyan, Jakarta, Penerbit Pradnya Paramita. (200)
- [5]. C.R. OSWIN, D.Sc., M.A., F.P.I., *F.Inst.Pkg. Plastic Films And Packaging*, Applied Science Publishers LTD, London. (1975)
- [6]. R. BUCHALLA, C. SCHUUTLER, K. W. BOGL., *Effects of Ionizing Radiation on Polymers. A Compilation of Literature Data. Part 1 : Food Packaging Materials*, (1992)