

PAIR/T. 398/99

PENGARUH POLIISOPREN TERHADAP  
DEGRADASI ALAM POLIPROPILEN

S. Iskandar<sup>1</sup>, Dian I<sup>1</sup>, Tita P<sup>1</sup>,  
Kadarijah<sup>1</sup>, Isni M<sup>1</sup>, dan F. Yoshii<sup>2</sup>

# PENGARUH POLIISOPREN TERHADAP DEGRADASI ALAM POLIPROPILEN

S Iskandar<sup>1</sup>, D Iramani<sup>1</sup>, T Puspitasari<sup>1</sup>, I Marliyanti<sup>1</sup>, Kadariyah<sup>1</sup> dan F Yoshii<sup>2</sup>

## ABSTRAK

PENGARUH POLIISOPREN TERHADAP DEGRADASI ALAM POLIPROPILEN. Untuk mempercepat proses degradasi alam, dan memperpanjang waktu simpan polipropilen (PP) yang disterilkan dengan iradiasi sinar gamma, telah dipelajari pengaruh poliisopren (IR) terhadap degradasi alam dan daya simpan PP iradiasi. Untuk itu telah dibuat dengan laboplastomil satu seri campuran PP-IR dengan berbagai kadar IR. Sampel berupa film dibuat dengan metode pengepresan. Film PP-IR yang dihasilkan selanjutnya diiradiasi dengan sinar gamma. Analisis pengaruh poliisopren dilakukan dengan alat uji fisik dan mikroskop elektron (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa poliisopren dapat mempercepat degradasi alam dan memperpanjang daya simpan polipropilen iradiasi. Poliisopren dengan kadar 2 % merupakan kadar optimal untuk mempercepat degradasi alam polipropilen yang di simpan di atas tanah dari 24 minggu menjadi 8 minggu, dan memperpanjang waktu simpan polipropilen iradiasi dari 8 minggu menjadi lebih dari 24 minggu.

## ABSTRACT

THE EFFECT OF POLYISOPRENE ON THE ENVIRONMENTAL DEGRADATION OF POLYPROPYLENE. To accelerate the environmental degradation and to improve the durability of gamma radiation sterilized polypropylene (PP), studies on the effect of polyisoprene (IR) on the environmental degradation and durability of irradiated PP has been done. A series of PP-IR blends with various IR content have been prepared by using laboplastomil. Samples were made by melt-press method and then irradiated with gamma rays. Characterization were done by tensile tester and scanning electron microscope (SEM). The experimental results showed that polyisoprene was able to accelerate the environmental degradation and to improve the durability of gamma radiation sterilized polypropylene. Polyisoprene 2 % was found to be the optimum composition to accelerate the environmental degradation on the soil from 24 weeks to 8 weeks, and to improve the durability of gamma radiation sterilized polypropylene from 8 weeks to more then 24 weeks.

Kata kunci : Polipropilen, poliisopren, degradasi, radiasi, tegangan putus, dan perpanjangan putus.

---

<sup>2</sup>Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, JAERI  
Takasaki-shi, Gunma-ken, 370-12, Japan

<sup>1</sup>Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN  
Jl. Cinere Pasar Jumat PO Box 7002, Jakarta 12440

## PENDAHULUAN

Penggunaan etilen oksida untuk mensterilkan alat kedokteran telah lama dilakukan, namun demikian etilen oksida sangat berbahaya, bersifat racun, dan karsinogen, serta tidak baik bagi pekerja sehingga tidak dapat dianjurkan untuk sterilisasi. Iradiasi sinar gamma dapat digunakan untuk mensterilkan alat kedokteran dan sediaan farmasi serta mempunyai banyak keunggulan antara lain aman bagi pekerja, bebas kontaminasi, prosesnya sederhana, dan mudah dikontrol (1, 2). Produk utama yang disterilkan dengan iradiasi adalah bahan atau alat yang bersifat satu kali pakai di antaranya alat suntik kedokteran, kateter, perangkat transfusi darah, ginjal tiruan, benang untuk operasi bedah dan sebagainya. Produk tersebut sebagian besar terbuat dari bahan polimer seperti polietilen, polipropilen, polivinil chlorida dan sebagainya (2).

Polipropilen adalah polimer termoplastik yang banyak dipakai di Indonesia setelah polietilen sebagai bahan dasar barang plastik seperti pengemas, wadah, botol, kebutuhan rumah tangga, alat kedokteran, dan lain-lain (3, 4). Polipropilen juga dikenal sebagai polimer sintesis yang sulit terdegradasi di alam sehingga limbah barang yang terbuat dari polipropilen dapat mencemari lingkungan (5, 6 dan 7).

Beberapa polimer tersebut mudah terpengaruh oleh radiasi pengion dan mudah rusak karena pengaruh iradiasi. Dalam upaya mengatasi masalah limbah dan ketidaktahanan polipropilen terhadap iradiasi sinar gamma, telah dilakukan penelitian penggunaan poliisopren. Menurut Schnabel (5) dan Iskandar (8) dikatakan bahwa karet sintesis poliisopren bila diiradiasi dengan radiasi pengion seperti sinar gamma memiliki sifat mudah terbentuk ikatan silang pada molekulnya, dan mudah terurai di alam. Penggunaan karet sintesis poliisopren yang dipadukan dengan polipropilen dan disterilkan dengan iradiasi sinar gamma diharapkan akan diperoleh polimer baru yang ramah lingkungan dan mempunyai daya simpan lama.

## TATA KERJA PENELITIAN

**Bahan.** Polipropilen dengan nama dagang Mitsubishi Chemical Industries Ltd. dipakai dalam penelitian ini. Karet sintetis poliisopren (IR) dengan nama dagang Kurare Co. Ltd IR-40 diperoleh dari TRCRE-JAERI, Jepang.

**Menyiapkan Sampel.** Empat puluh gram polipropilen (PP) dicampur dengan 0, 2, 5, dan 10 % poliisopren (IR) sebanyak dengan menggunakan laboplastomil pada suhu 180°C selama 5 menit. Campuran yang terbentuk dibuat film dengan menggunakan alat press panas dan dingin masing-masing pada suhu 180°C dan suhu kamar selama 3 menit. Selanjutnya film campuran PP-IR diiradiasi dengan sinar gamma dengan dosis 0, 10, 25, dan 50 kGy pada suhu kamar.

**Pengujian Sifat Degradasi Dan Daya Simpan Polipropilen Iradiasi.** Pengujian sifat degradasi dan daya simpan polipropilen iradiasi dilakukan dengan mengamati perubahan sifat tegangan putus dan perpanjangan putusnya sebelum dan setelah penyimpanan di dalam ruangan, di atas tanah, dan di dalam tanah selama 24 minggu.

**Pengujian Tegangan Sifat Fisika Sampel.** Sifat tegangan putus dan perpanjangan putus sampel di uji dengan menggunakan Sterograph-R1 buatan Toyoseiki, Jepang, dan mengacu pada ASTM D-1822-L.

**Penentuan Fraksi Gel** Fraksi gel sampel di peroleh dengan metode ekstraksi refluks selama 24 jam dengan menggunakan pelarut benzen, sedangkan perhitungan fraksi gel diperoleh secara gravimetri.

**Analisis Sampel Secara Mikroskopik.** Analisis mikroskopik sample dilakukan dengan menggunakan alat mikroskop elektron SEM JSM T-300, buatan JEOL LTD. Jepang, sedangkan pematihan sampel dilakukan dengan metode perendaman dalam nitrogen cair. Pemotretan sampel dilakukan dengan perbesaran 10.000 X

## HASIL DAN DISKUSI

**Pengaruh IR Terhadap Sifat Fisik Matrik PP-IR.** Pengaruh kadar IR terhadap tegangan putus dan perpanjangan putus matrik PP-IR disajikan pada Gambar 1. Dari gambar tersebut terlihat bahwa tegangan putus dan perpanjangan putus matrik PP-IR bertambah sampai mencapai nilai maksimal kemudian berkurang dengan bertambahnya poliisopren. Tegangan putus maupun perpanjangan putus matrik PP-IR mencapai nilai maksimal pada penambahan IR sebesar 2 %. Bertambah atau berkurangnya tegangan putus dan perpanjangan putus ini berhubungan erat dengan morfologi dan energi ikat antara molekul matrik tersebut. Hubungan pengaruh kadar poliisopren pada morfologi matrik PP, PP-IR dengan kadar IR 2 %, PP-IR dengan kadar IR 5 %, dan PP-IR dengan kadar IR 10 % terlihat pada Gambar 1a. Ukuran garis berwarna hitam menunjukkan ukuran panjang 1 mikron pada gambar keseluruhan. Gambar tersebut menunjukkan bahwa IR dengan warna putih tersebar sebagai fasa kontinyu pada matrik PP yang berwarna gelap dan menimbulkan adanya lubang dengan warna hitam pada matrik tersebut. Adanya lubang tersebut kemungkinan adanya udara atau air yang terkandung pada poliisopren yang dicampurkan. Dengan bertambahnya IR, ukuran bentuk IR dan lobang pada matrik PP bertambah. Dengan bertambah kecilnya ukuran bentuk IR pada matrik PP, maka akan bertambah besar luas permukaan IR yang terikat pada PP, demikian pula dengan lubang yang terbentuk semakin kecil dan sedikit dengan berkurangnya IR. Dengan demikian dengan berkurangnya kadar IR mengakibatkan semakin kuatnya matrik PP-IR tersebut. Demikian pula pengaruh proses mekanik saat pencampuran PP dengan IR berlangsung pada suhu 180°C mempengaruhi molekuler polisopren. Hal ini terlihat pada fraksi gel dari matrik PP-IR pada Tabel 1. yang menunjukkan bahwa polipropilen sebelum diiradiasi larut dalam benzen sekitar 2,8 persen, sedangkan kelarutan matrik PP-IR bertambah dengan bertambahnya kadar IR.

Maka dengan berkurangnya IR pada matrik PP-IR, molekuler IR yang berikatan silang bertambah. Dengan bertambahnya fraksi yang berikatan silang pada matrik tersebut maka energi ikat molekuler matrik PP-IR bertambah. Dengan demikian tegangan putus dan perpanjangan putus PP bertambah dengan berkurangnya kadar IR.

**Pengaruh Iradiasi Pada Sifat Fisik PP-IR.** Hubungan pengaruh iradiasi terhadap tegangan putus dan perpanjangan putus matrik PP-IR terlihat pada Gambar 2 dan 3. Pada gambar tersebut terlihat bahwa tegangan putus dan perpanjangan putus matrik PP-IR dengan kadar IR 0, 2, 5 dan 10 % berkurang dengan bertambahnya dosis iradiasi, kecuali tegangan putus PP-IR dengan kadar IR 10 psp tetap stabil. Berkurangnya tegangan putus dan perpanjangan putus ini disebabkan oleh polipropilen yang merupakan fasa terbanyak sehingga sifat fisik matrik PP-IR didominasi oleh sifat fisik PP, sedangkan saat proses iradiasi berlangsung terjadi secara bersamaan proses pematangan dan pengikatan silang antara molekul PP. Perbandingan  $G(s)/G(x)$  untuk PP adalah 1,6 (9), sehingga PP mudah terdegradasi oleh iradiasi sinar gamma. Degradasi ini lebih jelas terlihat pada dosis tinggi seperti yang disajikan pada Tabel 1. Pada tabel tersebut terlihat bahwa fraksi gel matrik PP-IR berkurang dengan bertambahnya kadar IR. Berkurangnya fraksi gel matrik PP-IR dengan bertambahnya kadar IR disebabkan adanya fraksi IR yang larut karena molekulnya tidak berikatan secara kimia sehingga dengan berkurangnya fraksi gel tersebut tegangan putus dan perpanjangan putus PP-IR berkurang, sedangkan dengan bertambahnya dosis iradiasi, fraksi gel PP-IR akan bertambah dan kemudian berkurang. Dengan bertambah dan berkurangnya fraksi gel tersebut menunjukkan adanya peningkatan molekul yang berikatan silang dan terjadinya degradasi. Stabilitasnya tegangan putus PP-IR dengan kadar IR 10 % disebabkan banyaknya fraksi IR yang berikatan silang. Hal ini terlihat pada fraksi gelnya. Dengan banyaknya molekul fraksi IR yang berikatan silang menyebabkan berkurangnya perpanjangan putus matrik tersebut.

**Pengaruh waktu penyimpanan terhadap sifat fisik sampel.** Hubungan pengaruh waktu penyimpanan di dalam ruangan, di dalam tanah, di atas tanah terhadap tegangan putus dan perpanjangan putus polipropilen sebelum diiradiasi disajikan pada Gambar 4. Pada gambar tersebut terlihat bahwa selama penyimpanan 24 minggu di dalam ruangan dan di dalam tanah, polipropilen tidak mengalami proses degradasi. Hal ini terlihat dari kurva tegangan putus dan perpanjangan putusnya yang sedikit sekali berkurang. Degradasi polipropilen akan terlihat pada penyimpanan selama 24 minggu di atas tanah yang ditunjukkan oleh adanya perpanjangan putus yang tidak terukur, meskipun tegangan putusnya berkurang sedikit sekali. Menurut Schnabel (5) proses degradasi polipropilen ini disebabkan terjadinya interaksi dengan ultraviolet, oksigen, dan pancaran atmosfer yang merusak bahan secara terus menerus. Dengan adanya interaksi antara polipropilen dengan ultraviolet, oksigen, dan pancaran atmosfer yang merusak, menyebabkan molekul makro polipropilen menjadi mudah putus. Hubungan pengaruh waktu penyimpanan di dalam ruangan, di dalam tanah, di atas tanah terhadap tegangan putus dan perpanjangan putus polipropilen yang telah diiradiasi 25 kGy dengan sinar gamma disajikan pada Gambar 5. Pada gambar tersebut terlihat bahwa polipropilen tidak tahan terhadap iradiasi sinar gamma dengan dosis 25 kGy. Hal ini menyebabkan daya simpannya berkurang seperti yang terlihat pada kurva perpanjangan putus PP yang di simpan di dalam ruangan. Perpanjangan putus PP tidak terukur setelah penyimpanan 8 minggu. Penurunan daya simpan PP yang diiradiasi 25 kGy tersebut disebabkan proses oksidasi dari udara disekitarnya saat iradiasi berlangsung dan mengakibatkan terjadinya peruraian pada PP. Peruraian PP tersebut akan terus berlangsung selama penyimpanan, akibat reaksi antara radikal tersisa dengan oksigen yang menyebabkan turunnya perpanjangan putus PP. Proses degradasi PP iradiasi ini dipercepat dengan penyimpanan di dalam tanah selama 4 minggu, atau di atas tanah selama 1 minggu. Penyimpanan di atas tanah menunjukkan

proses degradasi tercepat terhadap PP, tidak hanya perpanjangan putusnya yang berkurang tetapi juga tegangan putusnya. Hal ini disebabkan oleh sinar ultraviolet yang secara langsung dan terus menerus berinteraksi dengan PP iradiasi yang sudah terurai.

Hubungan pengaruh waktu penyimpanan di dalam ruangan, di dalam tanah, dan di atas tanah terhadap tegangan putus dan perpanjangan putus PP-IR dengan kadar IR 2 % sebelum diiradiasi disajikan pada Gambar 6. Pada gambar tersebut terlihat bahwa waktu penyimpanan tidak mempengaruhi PP-IR yang disimpan di dalam ruangan dan di dalam tanah. Hal ini terlihat pada kurva tegangan putus dan perpanjangan putusnya yang relatif stabil selama penyimpanan 24 minggu di dalam ruangan maupun di dalam tanah. Stabilitasnya tegangan putus dan perpanjangan putus matrik PP-IR dengan kadar IR 2 % berhubungan erat dengan daya rekat IR dengan PP dan ikatan kimia antara molekul IR. Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa dengan berkurangnya kadar IR dalam matrik PP, daya rekat antar PP dengan IR semakin bertambah dengan meningkatnya luas permukaan yang terikat. Demikian pula karena proses mekanik saat pencampuran berlangsung, jumlah molekul IR yang berikatan silang bertambah dengan berkurangnya kadar IR. Dengan penambahan IR 2 % pada matrik PP cukup kuat untuk meningkatkan daya simpan PP. Penyimpanan di atas tanah menunjukkan berpengaruh terhadap kestabilan sifat fisik PP-IR seperti terlihat dari kurva tegangan putus maupun perpanjangan putusnya. Perpanjangan putus PP-IR tidak terukur setelah penyimpanan 8 minggu, sedangkan tegangan putusnya tidak terukur setelah penyimpanan 24 minggu. Hal ini terjadi karena sinar ultraviolet, oksigen, dan pancaran atmosfer yang merusak berinteraksi secara langsung dan kontinyu terhadap PP. Kalau Gambar 6 dibandingkan dengan Gambar 4, degradasi polipropilen sebelum diiradiasi dapat dipercepat dari 24 minggu menjadi 8 minggu dengan penambahan 2 % IR. Hal ini disebabkan oleh sifat IR



yang tersebar dalam matrik PP mudah terurai di lingkungan khususnya yang secara langsung berinteraksi dengan sinar ultraviolet dan oksigen.

Hubungan pengaruh waktu penyimpanan di dalam ruangan, di dalam tanah, dan di atas tanah terhadap tegangan putus dan perpanjangan putus PP-IR setelah diiradiasi 25 kGy dengan sinar gamma disajikan pada Gambar 7. Pada gambar tersebut terlihat bahwa PP-IR memiliki ketahanan daya simpan yang baik sekalipun telah mengalami proses iradiasi gamma pada dosis iradiasi 25 kGy. Hal ini terlihat dari kurva tegangan putus dan perpanjangan putusnya selama penyimpanan di dalam ruangan atau di dalam tanah yang tidak mengalami perubahan yang berarti. Walaupun demikian setelah disimpan di atas tanah menjadi mudah terdegradasi seperti terlihat dari kurva perpanjangan putus dan tegangan putusnya. Penyimpanan 4 minggu di atas tanah, menyebabkan tidak terukurnya perpanjangan putus PP-IR iradiasi, dan setelah penyimpanan 24 minggu tegangan putusnya sudah tidak dapat diukur karena sangat rapuh. Kalau dibandingkan Gambar 7 dengan Gambar 5., terlihat bahwa dengan penambahan 2 % poliisopren dalam matrik PP, daya simpan polipropilen setelah mengalami proses radiasi 25 kGy dapat ditingkatkan dari 8 minggu menjadi lebih dari 24 minggu.

## **KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut : [1.] Sinar gamma dapat menurunkan sifat fisika polipropilen. Polipropilen yang disterilkan dengan sinar gama tidak tahan terhadap penyimpanan. [2.] Karet sintetis poliisopren dapat meningkatkan daya simpan polipropilen yang di sterilkan dengan iradiasi sinar gamma, dan dapat mempercepat proses degradasi alam polipropilen. [3.] Polisopren dengan kadar 2 % merupakan komposisi optimal untuk mempercepat degradasi alam dan memperpanjang daya simpan PP iradiasi. Dengan poliisopren 2 %, degradasi alam PP dapat dipercepat

dari 24 minggu menjadi 8 minggu, sedangkan daya simpan PP iradiasi dapat diperpanjang dari 8 minggu menjadi lebih dari 24 minggu.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih di sampaikan kepada para rekan di bidang Proses Radiasi dan operator Iradiator Serbaguna bidang Fasilitas Iradiasi PAIR-BATAN atas segala bantuannya hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

### DAFTAR PUSAKA

1. HILMY, N. dan SUNDARDI, F. Effect Radiasi Sinar Gamma Pada Sifat Fisika Film Polipropilen dan Polietilen. Majalah BATAN XV (1962) 1
2. ISHIGAKI, I. and YOSHII, F. Radiation Effect on Polymer Materials in Radiation Sterilization of Medical Supplies. Rad. Phys. Chem. 39 6: (1992) 527-533
3. ANONIM, Outline of Report Indonesian Plastic Industry "Current State and Prospect Until year 2000", PT Data Consult. (1996)
4. KROSCSWITZ, J.I. Concise Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, John Wiley and Sons, New York (1995)
5. MILIGI, G., YOSHII, F., SASAKI, T., MAKUUCHI, K., RABIE, A. M. and NISHIMOTO, S. "Comparison of Degradability of Irradiated Polypropylene and Poly(propylene-co-ethylene) in the natural environment". Polymer Degradation and stability. 49. Elsevier Sci. Ltd. (1995) 323-327
6. SULIWARNO, A., SUINARNI, A., MARLIYANTY, I., SUMARTI, M. dan SUSILOWATI, S. "Studi Degradasi Polipropilen (PP) iradiasi pada kondisi lingkungan". Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi II, PPSM-BATAN. (1997) 198
7. SCHNABEL, w. Polymer Degradation "Principles and Practical Applications". Macmillan Publishing Co. Inc., New York. (1981) 199
8. ISKANDAR, S "Kopolimerisasi Tempel Monomer Metilmetakrilat pada Karet poliisopren dengan Teknik Radiasi Berkas Elektron". Risalah Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi Jakarta (1994) 99
9. CHAPIRO, A. Radiation Chemistry of Polymeric Systems, Interscience Publisher, New York (1962) 443