

PAIR/T. 387/98

PENGARUH PENAMBAHAN KARET ALAM DAN
IRADIASI TERHADAP DEGRADASI POLIPRO-
PILEN.

Sudradjat I*, Susilowati*, Isni M*,
dan Anik S*

PENGARUH PENAMBAHAN KARET ALAM DAN IRADIASI TERHADAP DEGRADASI POLIPROPILEN

Sudradjat I*, Susilowati*, Isni M*, Kadarijah*, dan Anik S*

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN KARET ALAM DAN IRADIASI TERHADAP DEGRADASI POLIPROPILEN. Dalam upaya pemanfaatan polimer alam untuk membuat polimer yang ramah lingkungan, telah dilakukan penelitian pengaruh karet alam (KA) dan sinar gamma terhadap degradasi polipropilen (PP) di lingkungan. Untuk itu telah dibuat dengan laboplastomil satu seri campuran PP-KA dengan berbagai kadar KA. Cuplikan dibuat dengan metode pengepresan. Film PP-KA yang dihasilkan di iradiasi dengan sinar gamma. Pengaruh KA dan iradiasi terhadap tegangan putus PP diamati sebelum dan setelah penyimpanan di dalam ruangan, di dalam tanah, dan di atas tanah selama 24 minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PP sulit terdegradasi di lingkungan. Penambahan KA dapat meningkatkan tegangan putus PP, dan mempercepat degradasi PP di atas tanah. Iradiasi sinar gamma dapat menurunkan tegangan putus PP, dan mempercepat degradasi PP di atas tanah. KA sebanyak 2 psp menunjukkan komposisi optimum untuk mempercepat proses degradasi PP. Tegangan putus PP-KA dengan kadar KA 2 psp baik yang belum ataupun telah diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis steril ternyata stabil bila di simpan di dalam ruangan atau di dalam tanah, dan mudah terdegradasi bila di simpan di atas tanah.

ABSTRACT

EFFECT OF NATURAL RUBBER AND IRRADIATION ON THE ENVIRONMENTAL DEGRADATION OF POLYPROPYLENE. To utilize the natural polymer for producing an environmental friendly polymer, studies on the effect of natural rubber (NR) and gamma rays on the environmental degradation of polypropylene (PP) have been done. A series of PP-NR blends with various NR content has been prepared with using laboplastomil. Sample were made by melt-press method and then irradiated with gamma rays. The effect of NR and gamma irradiation on tensile strength of PP was evaluated before and after storage in the room, in the soil, and on the soil for 24 weeks. The experimental results showed that PP was difficult to degrade in the environmental. NR was enhanced the tensile strength of PP, and it was accelerated the degradation of PP on the soil. Gamma rays was decreasing the tensile strength of PP, and it was also accelerated the degradation of PP on the soil. The 2 psp of NR was found as the optimum composition to accelerate the degradation of PP on the soil. The tensile strength of PP-NR blend containing 2 psp of NR before and after irradiated with gamma rays on sterile dose was stable when stored in the room or in the soil, but it was degradable when stored on the soil.

PENDAHULUAN

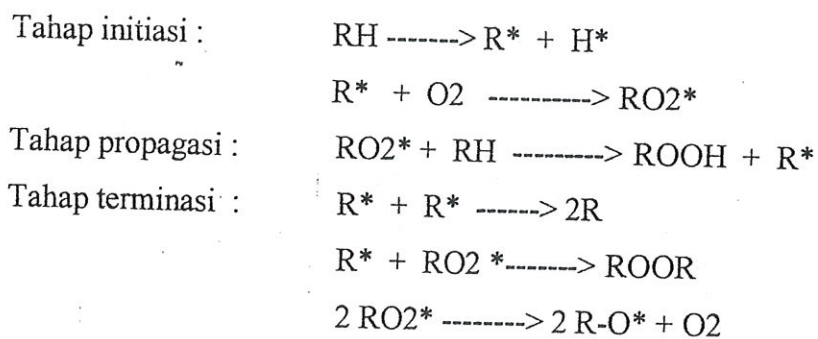
Polipropilen adalah polimer termoplastik yang karena sifat-sifat yang dimilikinya seperti mudah dibentuk, keras, transparan dan kuat menyebabkan banyak dipakai untuk kebutuhan manusia, diantaranya sebagai bahan dasar untuk pembuatan barang-barang kebutuhan rumah tangga, pengemas, dan alat kedokteran (1). Namun demikian produk yang terbuat dari polipropilen sulit untuk terdegradasi di lingkungan sehingga dapat mencemari lingkungan (2, 3, dan 4). Untuk mengatasi masalah limbah tersebut di dalam penelitian ini dicoba diteliti menggabungkan polipropilen dengan polimer yang mudah terdegradasi di lingkungan tanpa mengurangi sifat baiknya. Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi Batan adalah satu-satunya pusat penelitian di Indonesia yang memanfaatkan teknologi iradiasi untuk sterilisasi alat-alat kedokteran dan sediaan farmasi, dan pengawetan makanan. Oleh karena itu di dalam penelitian ini pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap degradasi polimer juga diteliti.

Diketahui bahwa karet alam harganya murah dan memiliki sifat mudah terurai apabila terkena sinar matahari sehingga karet alam mudah terdegradasi di lingkungan, dan karet alam juga mudah berikatan silang molekul-molekulnya bila diiradiasi dengan energi tinggi seperti sinar gamma (5, 6, dan 7). Oleh sebab itu pada penelitian ini digunakan karet alam sebagai polimer yang digabungkan dengan polipropilen, diharapkan akan diperoleh polimer baru yang ramah lingkungan dan dapat dipakai untuk bahan dasar produk-produk yang dapat dipakai untuk mengawetan makanan, dan sediaan farmasi atau alat kedokteran yang dapat disterilkan dengan iradiasi sinar gamma. Berhubung degradasi pada polimer biasanya didasarkan pada perubahan sifat fisik yang disebabkan karena reaksi-reaksi kimia yang membuat putusnya ikatan utama molekul makro (4), maka pada makalah ini dibahas pengaruh komposisi, iradiasi, dan waktu penyimpanan terhadap degradasi campuran polipropilen-karet alam. Degradasi polipropilen dalam penelitian ini diamati dari sifat tegangan putusnya selama penyimpanan 24 minggu di dalam ruangan, diatas tanah, dan didalam tanah. Pengamatan perubahan struktur mikroskopik campuran polipropilen-karet alam diamati dengan mikroskop elektron (SEM), sedangkan perubahan gugus fungsi diamati dengan FTIR.

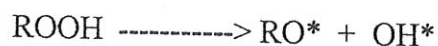
TEORI

Degradasi polimer pada pokoknya disebabkan karena reaksi-reaksi pematangan ikatan kimia molekul makro. Sedangkan jenis-jenis penyebab awalnya dapat disebabkan oleh pengaruh panas, mekanik, fotokimia, kimia radiasi, biologi, dan kimia (4).

Proses degradasi di lingkungan meliputi interaksi sinar ultraviolet, oksigen dan pancaran-pancaran atmosfer yang merusak bahan. Adapun mekanisme proses degradasi polimer di lingkungan meliputi beberapa tahap. Tahap pertama adalah tahap inisiasi yaitu tahap pembentukan radikal bebas yang disebabkan interaksi sinar ultraviolet atau cahaya tampak dengan polimer. Yang selanjutnya radikal bebas tersebut bereaksi dengan oksigen dari udara disekitarnya sehingga menghasilkan radikal bebas peroksida. Tahap berikutnya adalah tahap propagasi yaitu tahap reaksi radikal bebas peroksida dengan molekul polimer lagi sehingga membentuk hidroperoksida dan radikal bebas baru dari molekul polimer. Sedangkan tahap ketiga adalah tahap terminasi atau tahap penggabungan radikal bebas yang terbentuk (4,7). Mekanisme reaksi radikal tersebut secara skematik dapat ditulis sebagai berikut :



Dengan banyaknya hidroperoksida yang terbentuk disebabkan lamanya waktu reaksi maka polimer tersebut akan mudah terdegradasi, karena hidroperoksida akan mudah terdekomposisi menjadi gugus hidroksil dan karbonil (4,7), reaksinya dapat ditulis sebagai berikut :



TATA KERJA PENELITIAN

Bahan. Dalam penelitian ini dipakai polipropilen dengan nama dagang Mitsubishi Chemical Industries Ltd. Sedangkan karet alam yang dipakai berupa krep yang diperoleh dari PTP XI Cilenggang, Tangerang.

Penyiapan sampel. Penyiapan sampel dilakukan dengan mencampur polipropilen dengan karet alam dalam laboplastomil pada suhu 180°C selama 5 menit dengan kadar karet alam yang bervariasi dari 0, 2, 5, sampai dengan 10 psp (perseratus bagian polipropilen). Campuran polipropilen-karet alam (PP-KA) selanjutnya dibuat film dengan mengepres campuran tersebut dalam mesin pres panas dan dingin masing masing pada suhu 180°C dan suhu kamar selama 3 menit, sedang tekanannya sekitar 150 Kg/cm². Film yang terbentuk kemudian diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis iradiasi yang bervariasi mulai dari 0, 10, 25, sampai dengan 50 kGy.

Pengujian Pengusangan Sampel. Sebelum dan setelah diiradiasi dilakukan pengujian sifat degradasi sampel dengan mengamati tegangan putusnya setelah disimpan di dalam ruangan pada suhu 28-30°C, di atas tanah pada suhu 28-34°C, dan di dalam tanah dengan ph sekitar 7 selama 24 minggu.

Pengujian tegangan putus. Tegangan putus polipropilen diuji dengan menggunakan mesin strograph R1 dengan kecepatan pengujian digunakan 100 m/menit, dan mengacu pada ASTM D-1822-L.

Pengukuran struktur kimia. Untuk mengetahui mekanisme perubahan kimia yang terjadi maka dilakukan pengamatan perubahan kimia dengan menggunakan alat FTIR.

Analisa permukaan. Analisa permukaan mikroskopik campuran PP-KA diamati dengan menggunakan SEM (scanning Electron Microscope). Patahan melintang sampel diperoleh dengan metoda perendaman dalam nitrogen cair. Perbesaran ukuran sampel saat pemotretan adalah 10.000 X.

HASIL DAN BAHASAN

Pengaruh komposisi terhadap tegangan putus campuran PP-KA. Dalam suatu pencampuran dua polimer, komposisi campuran sangat menentukan sifat fisik campuran yang dihasilkan. Oleh karena itu pengaruh kadar karet alam terhadap

tegangan putus campuran PP-KA diteliti dalam penelitian ini, dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 1. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kurva tegangan putus campuran PP-KA bertambah sampai nilai maksimum kemudian berkurang dengan bertambahnya kadar KA. Tegangan putus maksimum dicapai pada penambahan KA sebanyak 2 psp. Bertambah dan berkurangnya tegangan putus PP-KA tersebut erat hubungannya dengan struktur mikro dari matrik yang terbentuk setelah proses pencampuran. Hubungan pengaruh kadar karet alam terhadap struktur mikro dari campuran PP-KA ditunjukkan pada Gambar 2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa KA dengan kadar 2 psp yang berwarna putih tersebar sebagai bagian yang terpisah atau fasa domain dengan ukuran yang tidak sama dalam matrik PP yang berwarna gelap. Sedangkan pada matrik PP-KA dengan kadar KA 5 atau 10 psp terlihat KA tersebar sebagai fasa kontinyu. Disamping KA dan PP pada matrik PP-KA terlihat pula adanya lobang-lobang. Ukuran bentuk KA dan lubang-lubang pada matrik PP semakin besar dengan bertambahnya kadar karet alam. Dengan demikian dengan lebih besarnya ukuran bagian karet alam yang menyebar dalam matrik polipropilen ini, maka daya rekat antara KA dengan PP menjadi berkurang disebabkan luas permukaan perekatan antara kedua bahan tersebut semakin sedikit. Dengan berkurangnya daya rekat karet alam pada polipropilen mengakibatkan tegangan putus matrik PP-KA menjadi berkurang. Demikian pula dengan bertambah besarnya ukuran lubang pada matrik berakibat turunnya kekuatan matrik PP-KA. Disamping itu pula adanya kemungkinan terjadinya proses ikatan silang secara mekanik pada KA saat pencampuran berlangsung. Dengan semakin sedikitnya KA yang dicampurkan, maka semakin banyak KA yang berikatan silang, sehingga dengan demikian tegangan putus PP-KA bertambah.

Pengaruh iradiasi terhadap tegangan putus campuran PP-KA. Iradiasi sinar gamma berpengaruh nyata pada tegangan putus PP maupun campuran PP-KA seperti yang terlihat pada kurva hubungan iradiasi terhadap tegangan putus campuran PP-KA pada Gambar 1a. Pada gambar tersebut terlihat bahwa dengan bertambahnya dosis iradiasi, tegangan putus PP ataupun campuran PP-KA berkurang secara linier. Berkurangnya tegangan putus ini disebabkan sifat fisika matrik PP yang mendominasi sifat fisika PP-KA karena PP merupakan bagian

terbanyak dalam matrik PP-KA. Sedangkan perbandingan molekuler yang putus $G(s)$ dengan yang berikatan silang $G(x)$ setelah iradiasi berlangsung atau $G(s)/G(x)$ PP adalah 1,6 (7). Oleh karena itu tegangan putus PP atau campuran PP-KA setelah diiradiasi menjadi berkurang. Karena pada dosis iradiasi 50 kGy menunjukkan tegangan putus matrik PP-KA yang sangat rendah dan dosis 25 kGy merupakan dosis steril untuk PP, maka pada penelitian berikutnya hanya diamati pada dosis iradiasi 0 dan 25 kGy.

Pengaruh waktu penyimpanan di dalam ruangan terhadap tegangan putus campuran PP-KA. Hubungan pengaruh penyimpanan di dalam ruangan terhadap tegangan putus campuran PP-KA sebelum diiradiasi ditunjukkan pada Gambar 3. Pada gambar tersebut terlihat bahwa selama penyimpanan di dalam ruangan sampai 24 minggu, PP dan PP-KA dengan kadar KA 2 psp relatif stabil. Hal ini terlihat dari kurva tegangan putusnya yang tidak mengalami penurunan yang berarti. Sedangkan PP-KA dengan kadar KA yang lebih banyak, tegangan putusnya berkurang lebih nyata dibanding dengan campuran PP-KA dengan kadar KA yang lebih rendah. Berkurangnya tegangan putus ini disebabkan faktor pekanya karet alam terhadap oksidasi dari udara disekitarnya (4,5,6) dan morfologi hasil proses pencampuran. Dengan kadar KA yang lebih banyak dalam matrik PP, daya rekat antara KA dan PPnya menjadi berkurang. Dengan berkurangnya daya rekat tersebut dan pekanya terhadap oksidasi, maka PP-KA dengan kadar KA yang lebih banyak menjadi mudah terurai. Sedangkan campuran PP-KA setelah diiradiasi 25 kGy, terlihat lebih stabil tegangan putusnya dibandingkan dengan campuran PP-KA sebelum iradiasi seperti terlihat pada Gambar 4. Lebih stabilnya tegangan putus campuran PP-KA ini dikarenakan adanya proses pengikatan silang pada karet alam saat iradiasi berlangsung (5,6,7). Dengan adanya rantai-rantai molekul yang berikatan silang ini maka molekul-molekulnya menjadi lebih sulit untuk langsung dapat terdegradasi karena memiliki energi ikat yang lebih tinggi dibanding dengan molekul-molekul yang tidak berikatan silang. Maka untuk penyimpanan di dalam ruangan, matrik PP-KA dengan kadar KA 2 psp memiliki sifat fisik yang relatif stabil. Sehingga bisa di pakai untuk bahan dasar produk-produk barang jadi.

Pengaruh waktu penyimpanan di dalam tanah terhadap tegangan putus campuran PP-KA. Hubungan pengaruh waktu penyimpanan di dalam tanah terhadap tegangan putus campuran PP-KA sebelum diiradiasi terlihat pada Gambar 5. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa selama penyimpanan dalam tanah sampai 24 minggu, tegangan putus PP, PP-KA dengan kadar KA sebanyak 2, 5, dan 10 psk tidak banyak berubahannya. Hal ini disebabkan karena oksigen disekitarnya maupun sinar ultraviolet yang berinteraksi pada campuran PP-KA lebih lambat prosesnya karena terhalang oleh tanah. Sedangkan pengaruh penyimpanan di dalam tanah terhadap tegangan putus PP dan PP-KA dengan kadar KA sebanyak 2, 5, dan 10 setelah diiradiasi sampai 25 kGy terlihat pada Gambar 6. Pada gambar tersebut terlihat tegangan putus PP maupun PP-KA relatif lebih stabil dibandingkan dengan campuran PP-KA sebelum di iradiasi. Hal ini disebabkan karena iradiasi mengakibatkan molekul-molekul pada matrik-matrik tersebut berikatan silang. Dengan adanya molekul-molekul yang berikatan silang menyebabkan matrik tersebut menjadi lebih kuat, sehingga lebih sukar terurai dibandingkan dengan yang tidak berikatan silang.

Pengaruh penyimpanan di atas tanah terhadap tegangan putus campuran PP-KA. Pengaruh penyimpanan di atas tanah terhadap tegangan putus campuran PP-KA sebelum diiradiasi ditunjukkan pada Gambar 7. Pada gambar tersebut terlihat bahwa PP lebih stabil dibandingkan dengan PP-KA. Terlihat dari kurva tegangan putus PP-KA berkurang dengan nyata selama penyimpanan 24 minggu sedangkan kurva tegangan putus PP relatif stabil. Kalau dibandingkan dengan penyimpanan di dalam ruangan ataupun di dalam tanah, pengurangan tegangan putus PP-KA di atas tanah jauh lebih banyak. Hal ini disebabkan karena diatas tanah sinar ultraviolet, oksigen, dan pancaran-pancaran atmosfer yang merusak berinteraksi secara langsung dan kontinyu, sehingga kerusakan matrik PP-KA menjadi lebih mudah. Hubungan pengaruh waktu penyimpanan terhadap tegangan putus PP dan PP-KA setelah diiradiasi sinar gamma 25 kGy terlihat pada gambar 8. Pada gambar tersebut terlihat bahwa selama penyimpanan 24 minggu tegangan putus polipropilen berkurang. Mudah terdegradasinya polipropilen yang telah diiradiasi ini disebabkan adanya pematangan rantai molekul awal saat iradiasi berlangsung, sehingga patahan awal ini penyebab

utama dari degradasi selanjutnya disamping karena faktor-faktor lain seperti interaksi dengan sinar ultraviolet dan oksigen yang kontinyu. Sedangkan proses degradasi pada PP-KA lebih mudah dibandingkan pada PP seperti terlihat dari penurunan tegangan putusnya yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan polipropilen. Hal ini disebabkan faktor sifat KA yang mudah terurai. Hubungan pengaruh penyimpanan 16 minggu terhadap perubahan kimiawi pada PP dan campuran PP-KA dengan kadar KA 2 psp yang diiradiasi 25 kGy ditunjukkan pada Gambar 9. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada PP dan PP-KA yang diiradiasi 25 kGy adanya perubahan kimiawi setelah penyimpanan 16 minggu. Perubahan kimiawi tersebut terlihat dengan jelas dari adanya gugus hidroksil dan karbonil pada daerah pita serap 3.195 dan 1.714 cm^{-1} pada spekturm FTIR. Dan peak spektra FTIR gugus hidroksil dan karbonil dari campuran PP-KA ternyata lebih tajam dan lebar dibanding dengan PP iradiasi, hal ini menunjukkan bahwa degradasi pada campuran PP-KA jauh lebih banyak dibanding pada PP iradiasi.

KESIMPULAN

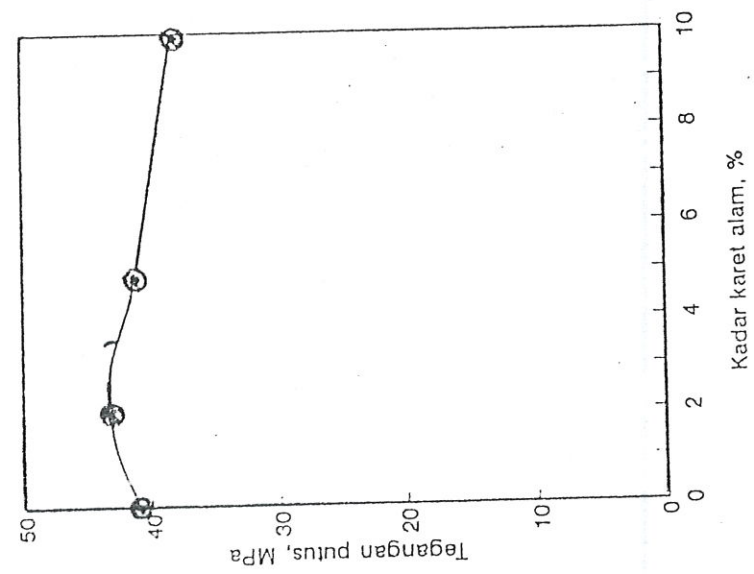
Polipropilen sulit terdegradasi di lingkungan. Karet alam dapat meningkatkan tegangan putus PP, dan mempercepat proses degradasi PP di atas tanah. Karet alam 2 psp menunjukkan komposisi optimum untuk dapat mempercepat proses degradasi PP di atas tanah. Sinar gamma dapat menurunkan tegangan putus PP, dan mempercepat degradasi PP di atas tanah. Tegangan putus PP-KA dengan kadar KA 2 psp baik yang belum ataupun yang telah diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis steril, stabil bila disimpan di dalam ruangan atau di dalam tanah, tetapi mudah terdegradasi bila di simpan di atas tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

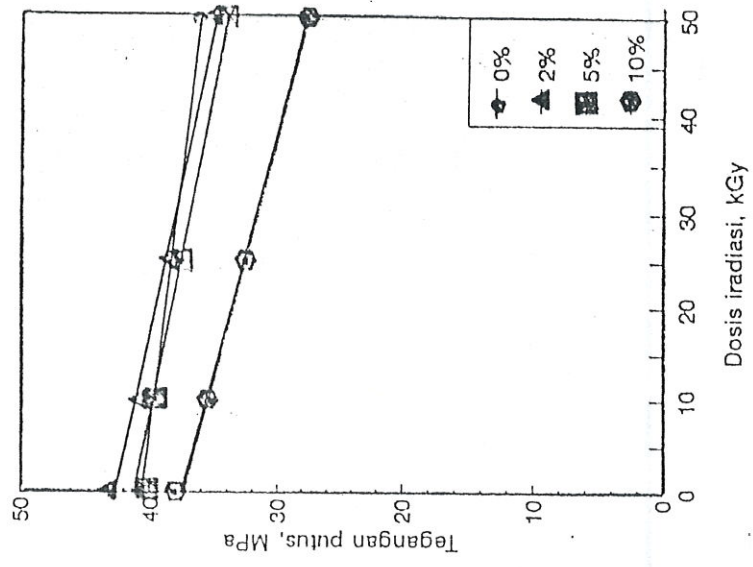
Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan-rekan operator iradiator PAIR-BATAN atas segala bantuannya sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

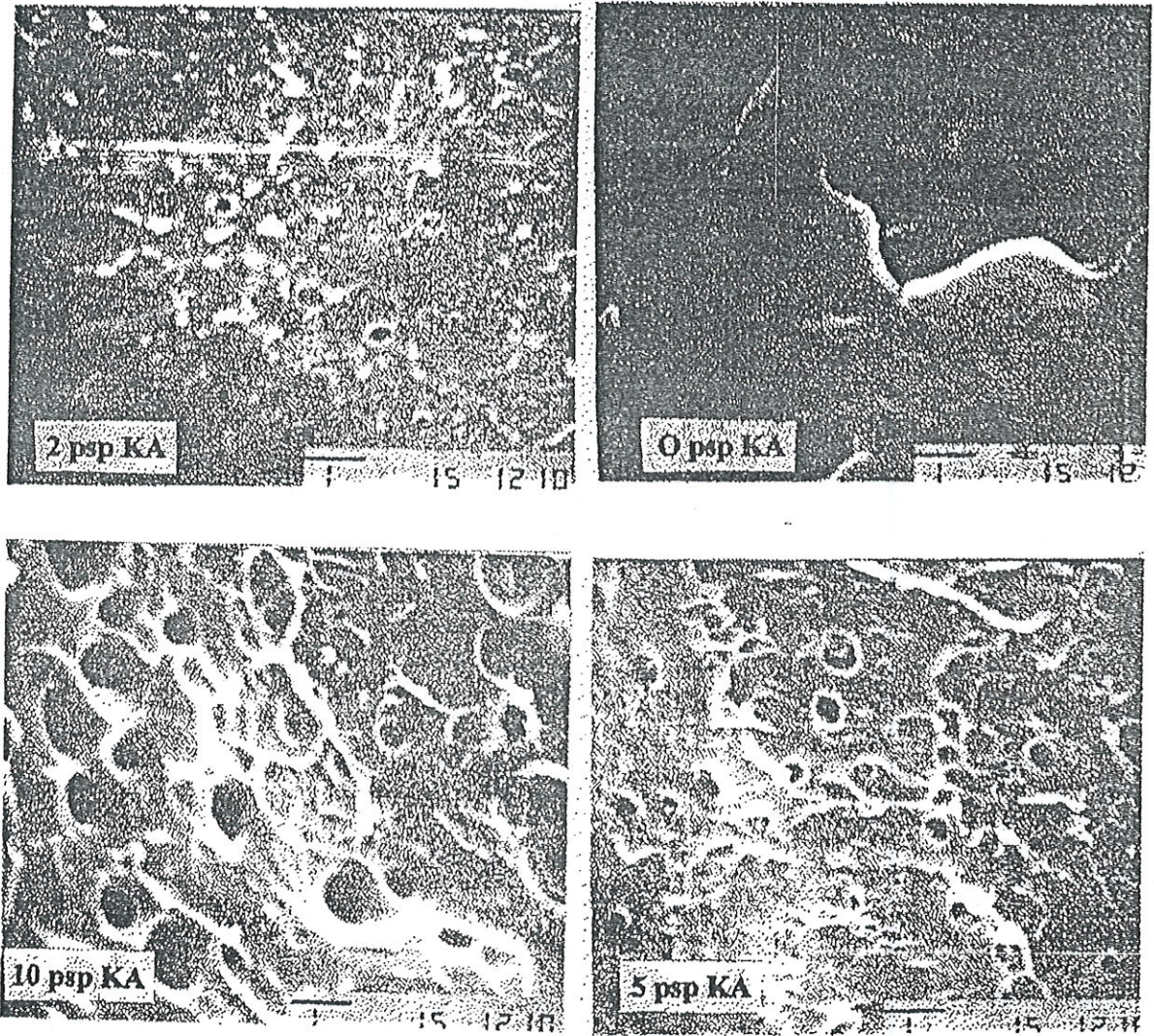
1. **KROSCWITZ, J.I.**, Concise Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, John Wiley and Sons, New York, (1995)
2. **MILLIGI G.**, Comparison of Degradability of Irradiated Polypropylene and Poly(propylene-co-ethylene) in The Natural Environment, Polymer Degradation and Stability, 49, Elsevier Sci. Ltd., (1995)
3. **ABIYAH S., ANIK S., ISNI M., MADE S. K., dan SUSI S.**, Studi Degradasi Polipropilen (PP) Iradiasi Pada Kondisi Lingkungan, Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi II, PPSM-BATAN, (1997)
4. **SCHNABEL, W.**, Polymer Degradation, Principles and Practical Application, Macmillan Publishing Co., Inc., New York, 1981
5. **SUDRADJAT I, ISNI M., MADE S. K., ANIK S., dan Kadarijah**, Studi Degradasi Film Karet Alam Iradiasi di Lingkungan, Risalah Pertemuan Ilmiah Sains dan Teknologi Nuklir, di PPTN –BATAN, Bandung, 1997
6. **KIRK - OTHMER**, Encyclopedia of Chemical Technology, Interscience Publishers a division of John Willey & Sons, Inc. New York, XVII, 1968
7. **CHAPIRO, A.**, Radiation Chemistry of Polymer System, Interscience Publisher a division of John Wiley & Sons, Inc, New York, 1971



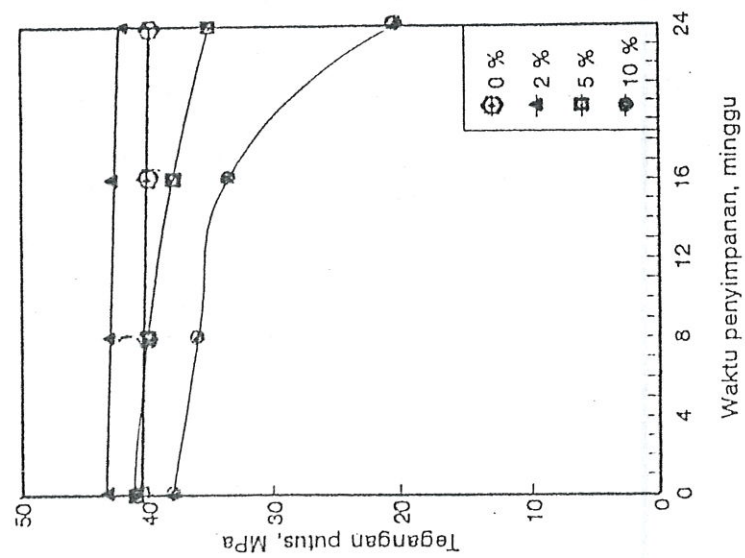
Gambar 1. Pengaruh karet alam terhadap tegangan putus PP-KA



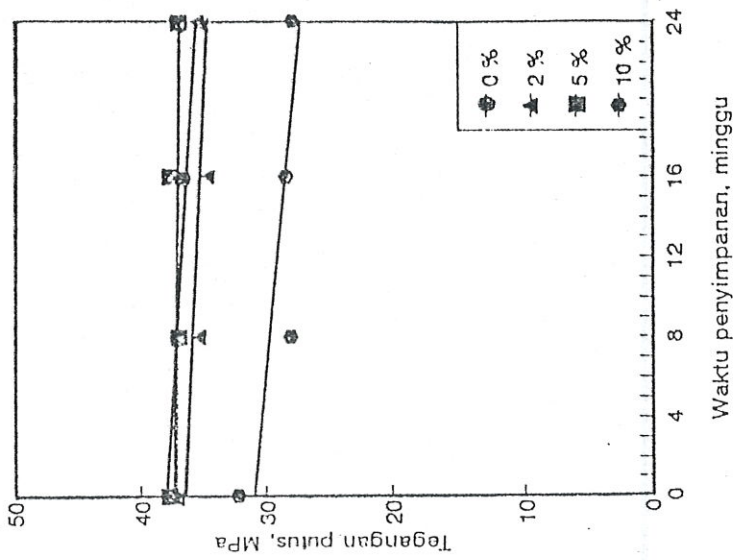
Gambar 1a. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap tegangan putus PP-KA



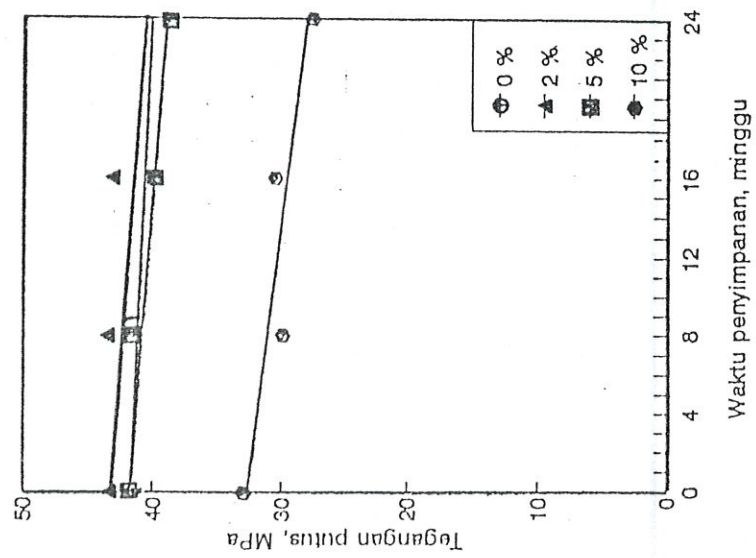
Gambar 2. SEM mikrograph permukaan patahan melintang campuran PP-KA Dengan kadar KA 0, 2, 5, dan 10 psp.



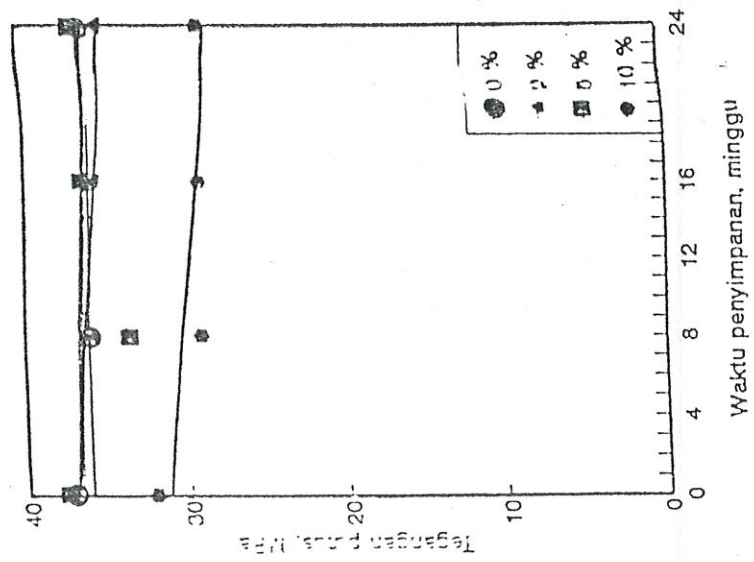
Gambar 3. Pengaruh waktu penyimpanan didalam ruangan terhadap tegangan putus campuran PP-KA.



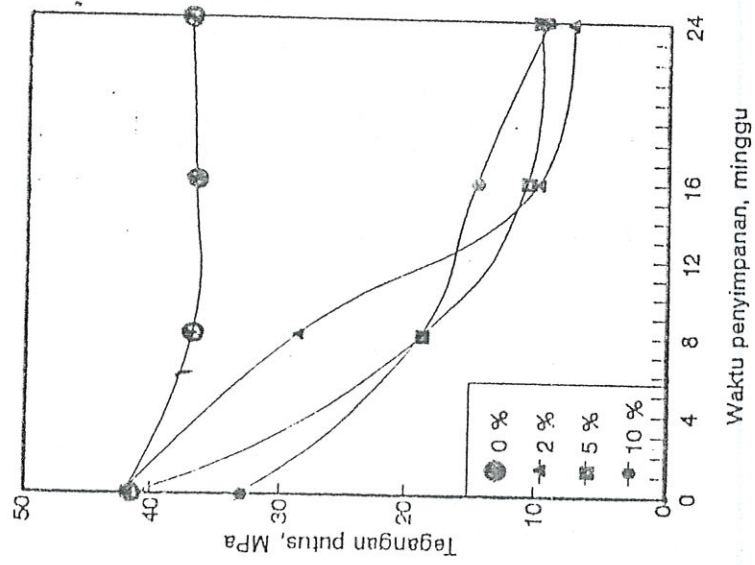
Gambar 4. Pengaruh waktu penyimpanan didalam ruangan terhadap tegangan putus campuran PP-KA iradiasi.



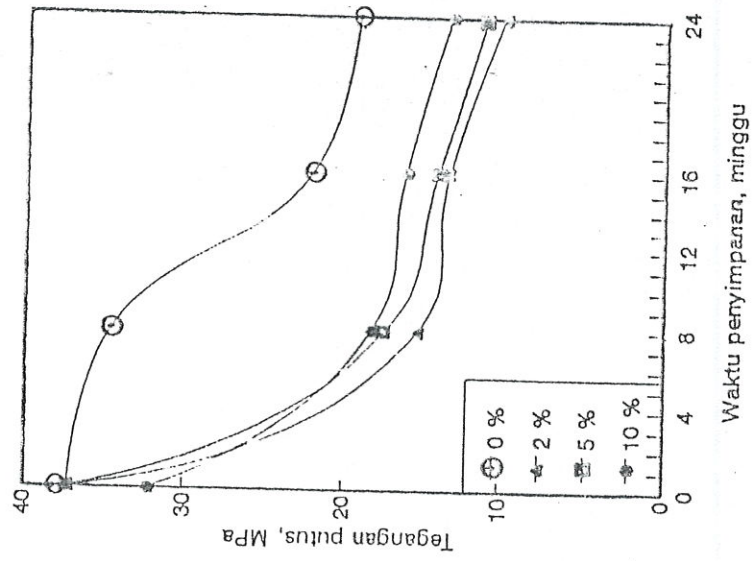
Gambar 5. Pengaruh waktu penyimpanan di dalam tanah terhadap tegangan putus campuran PP-KA.



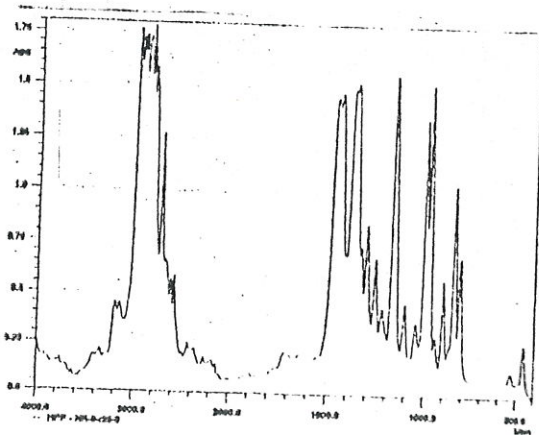
Gambar 6. Pengaruh waktu penyimpanan didalam tanah terhadap tegangan putus campuran PP-KA iralinal.



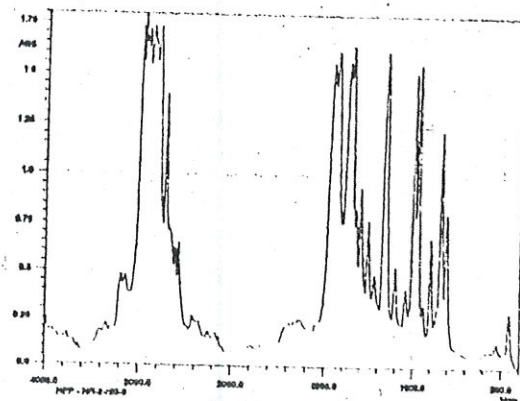
Gambar 7. Pengaruh waktu penyimpanan di atas tanah terhadap tegangan putus campuran PP-KA.



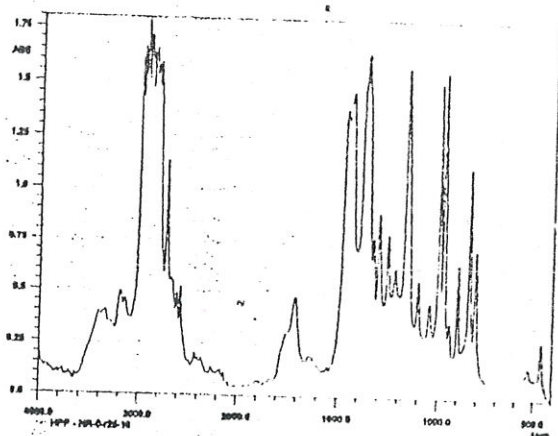
Gambar 8. Pengaruh waktu penyimpanan di atas tanah terhadap tegangan putus campuran PP-KA iradiasi.



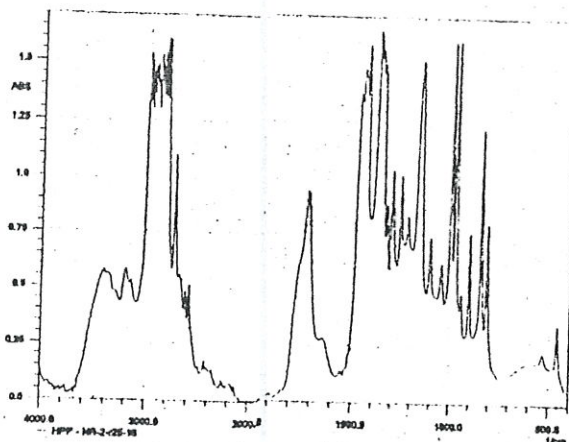
HPP - NR-0-r25-0



HPP - NR-2-r25-0



HPP - NR-0-r25-16



HPP - NR-2-r25-16

Gambar 9. Spektrum FTIR campuran PP-KA iradiasi dengan kadar KA 0 dan 2 psp sebelum dan setelah penyimpanan di atas tanah selama 16 minggu.