

PENGARUH PENAMBAHAN STIREN TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN TERMAL KOMPOSIT METIL METAKRILAT-Pb₃O₄

(THE INFLUENCE OF STYRENE ADDITION ON THE MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF METHYL METHACRYLATE AND Pb₃O₄ COMPOSITE)

Sugik Sugiantoro¹, Sudirman^{1,2}, Mashadi¹, dan A. Mahendra^{3,4}

¹) Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir, BATAN
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang Selatan

²) Departemen Kimia, FMIPA-Universitas Indonesia
Kampus Baru UI, Depok

³) Pusat Teknologi Industri Proses (PTIP), BPPT
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang Selatan

⁴) Jurusan Ilmu Bahan, FMIPA-Universitas Indonesia
Kampus Baru UI, Depok

E-mail : ssugiantoro72@yahoo.com

Received : 2 April 2013; revised : 24 September 2013; accepted : 25 September 2013

ABSTRAK

Telah dipelajari pengaruh penambahan stiren terhadap sifat mekanik dan termal dari komposit *Methyl Methacrylate* (MMA)-Pb₃O₄. Pembuatan komposit stiren-MMA dengan Pb₃O₄ sebagai bahan perisai radiasi yang fleksibel dilakukan dengan pencampuran 0% sampai dengan 50% berat karet *Standard Indonesian Rubber* (SIR)-20 dengan 100 gram MMA, dengan mesin *mixing mill* pada suhu 100°C, 148 rpm selama 15 menit. Penambahan serbuk Pb₃O₄ dilakukan secara perlahan-lahan untuk mendapatkan hasil yang homogen. Berdasarkan sifat mekanik dan termal, menunjukkan bahwa penambahan stiren sampai dengan 30% berat merupakan kondisi optimal yang mengakibatkan peningkatan sifat mekanik, sedangkan sifat termal mengalami proses degradasi menjadi dua tahap yaitu pada suhu 310°C sampai dengan 440°C dan suhu 450°C sampai dengan 520°C. Hal tersebut diakibatkan karena stiren memiliki ketahanan termal yang lebih tinggi dibandingkan dengan MMA.

Kata kunci : Struktur mikro, Stiren, *Methyl methacrylate*, Pb₃O₄

ABSTRACT

The influence of styrene addition on the properties of *Methyl Methacrylate* (MMA)-Pb₃O₄ have been studied. Preparation of styrene-MMA composite with Pb₃O₄ as a flexible radiation shielding materials was done by mixing as much as 0% up to 50% by weight of rubber *Standard Indonesian Rubber* (SIR)-20 with 100 grams of MMA, and it was milled by a mixing machine at 100°C and 148 rpm for 15 minutes. While milling process Pb₃O₄ powder was added slowly until a homogeneous mixture obtained. The composite was rolled into sheet form for the mechanical and thermal characterization. The characterization results indicate that the addition of styrene 30% by weight as an optimal condition to increase mechanical and thermal properties. Furthermore the addition of styrene also affected on degradation process into two stages at temperatures less than 310°C to 440°C and the temperature of 450°C to 520°C. This is caused by higher thermal resistance styrene than MMA.

Keywords : Microstructure, Styrene, *Methyl methacrylate*, Pb₃O₄

PENDAHULUAN

Perisai radiasi merupakan suatu kebutuhan bagi pekerja radiasi, sehingga diperlukan upaya untuk mendapatkan bahan perisai radiasi yang mempunyai serapan tinggi dan fleksibel dalam penggunaannya. Selama ini bahan perisai radiasi dalam bentuk pintu terbuat

dari lembaran logam Pb, sehingga sangat berat, pengerjaan cukup lama, dan mahal harganya. Oleh sebab itu untuk memenuhi kriteria tersebut diperlukan adanya modifikasi bahan perisai radiasi dari jenis timbal yang bersifat lentur dan kuat (Sudirman dkk 2000; Sugiantoro dkk 2012)

Pembuatan komposit polimer dalam bentuk *Elastomeric Thermoplastic Polymers (ETP)* dilakukan dengan cara mencampurkan stiren dan *Methyl Methacrylate (MMA)* dengan berbagai komposisi di dalam karet alam, kemudian diiradiasi gamma sehingga terbentuk *ETP*. Selanjutnya ditambahkan Pb_3O_4 sebagai bahan pengisi. *MMA* dalam bentuk *Poly Methyl Methacrylate (PMMA)* memiliki sifat kuat, ringan, dan kerapatan yang tinggi sehingga *PMMA* dapat digunakan sebagai perisai untuk menghentikan radiasi beta yang dipancarkan oleh radioisotop, sedangkan Pb_3O_4 mempunyai daya serap yang tinggi terhadap radiasi sinar gamma (Sudirman dkk 2000; Sugiantoro dkk 2012; Deniz, *et al.* 2010; Bonnia, *et al.* 2010; Blond, *et al.* 2006).

Sesuai hal tersebut diatas, pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposit polimer berbasis *Elastomeric Thermoplastic Polymers (ETP)* dan dicampurkan dengan jenis karet alam *Standard Indonesian Rubber 20 (SIR-20)* dan ditambahkan Pb_3O_4 sebagai pengisi. Hasil komposit tersebut dapat digunakan sebagai pintu perisai radiasi (Kaniappan and Latha 2011; Blond, *et al.* 2006; Charmondusit, *et al.* 1998).

Untuk mengetahui hasil sintesis maka perlu dilakukan karakterisasi yang meliputi sifat termal, sifat mekanik, dan struktur mikro. Karakterisasi tersebut bertujuan untuk mengetahui sifat termal, distribusi bahan pengisi didalam komposit, dan kekuatan uji tarik komposit yang dihasilkan. Diharapkan komposit polimer ini dapat menjadi bahan alternatif sebagai perisai radiasi dalam bentuk pintu dengan segala keunggulannya (Arshadet, *et al.* 2011; Flynn 2005; Price, *et al.* 2000; Beyler and Hirschler 2002; Bonnia, *et al.* 2010).

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya karet SIR-20, stiren, *Methyl Methacrylate (MMA)*, Pb_3O_4 , ZnO, sulfur, *TMQ* (*Tri Methyl Quinoline*), *TMTD* (*Tetra Methyl Thiuram Disulfide*), dan asam stearat.

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain seperangkat alat *Simultaneous Thermal Analysis (STA)* merk SETARAM TAG-24-S buatan Perancis, *Scanning Electron Microscope (SEM-EDS)* merk Jeol JSM 6510LA buatan Jepang, serta alat uji tarik.

Metode

Untuk pembuatan komposit dilakukan dengan menimbang 0%, 10%, 30%, dan 50% berat karet *SIR* ditambah 100 gram bahan *ETP*

kemudian digiling menggunakan mesin *mixing mill* pada suhu 100°C dengan kecepatan 148 rpm selama 15 menit sampai melunak.

Kemudian ditambahkan asam stearat, ZnO, dan *TMQ* sambil digiling. Setelah tercampur homogen ditambahkan serbuk Pb_3O_4 secara perlahan sejumlah 400 phr. Phr adalah *part hundred rubber* merupakan perbandingan berat tiap 100 gram karet yang dirumuskan $phr = 100 \times \frac{mf}{mr}$, dimana *mf* adalah massa bahan pengisi dan *mr* adalah massa resin (karet).

Setelah diperoleh hasil gilingan yang homogen, kemudian dibuat bentuk lembaran menggunakan *hot press* pada suhu 145°C pada tekanan 50 kg/cm² selama 20 menit. Selanjutnya dilakukan karakterisasi sifat termal dan sifat mekanik.

Penelitian dilakukan di PTBIN-BATAN Serpong-Tangerang Selatan dan di laboratorium Produksi PT Agronesia-Bandung

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil karakterisasi sifat mekanik pada pengaruh penambahan stiren terhadap komposit *ETP-Pb₃O₄* diperlihatkan pada Tabel 1. yang meliputi kuat tarik, perpanjangan, modulus 100% dan modulus 300%, kuat sobek, kekerasan, dan abrasi. Uji sifat mekanik tersebut dilakukan untuk mengetahui hasil komposit polimer memiliki sifat mekanik yang baik.

Dari Tabel 1. tersebut diperlihatkan bahwa penambahan jumlah fraksi berat stiren sampai dengan 30% berat ke dalam komposit polimer *ETP-Pb₃O₄* memperlihatkan peningkatan sifat mekanik komposit berupa kuat tarik, perpanjangan modulus 100% dan modulus 300%, kuat sobek, kekerasan, dan abrasi. Hal tersebut disebabkan semakin meningkat jumlah stiren yang ditambahkan ke dalam komposit *ETP-Pb₃O₄* mengakibatkan ikatan polimer antara stiren dengan *ETP* juga semakin meningkat yang selanjutnya dapat mengakibatkan peningkatan ikatan antar muka antara Pb_3O_4 dengan stiren dan berdampak pada distribusi Pb_3O_4 di dalam komposit juga semakin merata (Sugiantoro dkk 2012; Kaniappan and Latha 2011; Blond, *et al.* 2006; Charmondusit, *et al.* 1998). Disamping itu peningkatan sifat mekanik tersebut diakibatkan terjadinya pencangkakan atau *grafting* antara percabangan kopolimer radikal stiren ke dalam ikatan rangkap yang ada pada *ETP*. *Grafting* antara *ETP* dan komponen stiren menghasilkan kompatibilitas sistem yang mengakibatkan meningkatnya sifat mekanik komposit (Sugiantoro dkk 2012; Kaniappan and Latha 2011; Blond, *et al.* 2006; Charmondusit, *et al.* 1998).

Tabel 1. juga memperlihatkan bahwa penambahan stiren dari karet alam cair sampai engan 50% berat dalam pembentukan *ETP* mengakibatkan penurunan sifat mekaniknya. Hal tersebut diakibatkan oleh terjadinya penumpukan monomer stiren ke dalam partikel karet alam cair, artinya pembentukan homopolimer antara molekul stiren lebih banyak pada komposisi 50% berat dibandingkan dengan komposisi 30% berat. Dampaknya terjadi koagulasi dan penurunan *emulsifier* yang mengakibatkan *ratio graft* juga mengalami penurunan. Hal tersebut diatas berakibat pada penurunan luas permukaannya sehingga mengakibatkan penurunan sifat mekanik (Kaniappan and Latha 2011; Blond, *et al.* 2006; Charmondusit, *et al.* 1998).

Perlakuan karakterisasi termal terhadap pengaruh penambahan stiren pada komposit *ETP-Pb₃O₄* dilakukan pada suhu 60°C sampai dengan suhu 600°C dengan kecepatan pemanasan 10°C per menit menggunakan seperangkat alat *Simultaneous Thermal Analyzer*-Setaram dengan gas *inert* argon.

Hasil karakterisasi termal pengaruh penambahan stiren 0% berat sampai dengan 50% berat ke dalam komposit *ETP-Pb₃O₄* ditunjukkan pada Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4. Dari gambar tersebut terlihat adanya beberapa pola puncak endotermis dan eksotermis.

Puncak eksotermis yang terjadi pada awal pemanasan sampai dengan suhu 100°C merupakan puncak yang dihasilkan oleh katalis dan pereaksi lain (aditif) yang digunakan dalam komposit seperti *TMQ* dan *TMTD* sebagai pemercepat (Price, *et al.* 2000; Beyler and Hirschler 2002; Bonnia, *et al.* 2010; Comuce, *et al.* 2010).

Pada suhu 90°C sampai dengan suhu 105°C terjadi proses depolimerisasi dari stiren menjadi monomernya. Ketidakstabilan monomernya berlanjut hingga suhu kurang lebih 300°C sebelum terjadi degradasi yang ditandai dengan terjadi puncak endotermis pada kurva *heat flow* dan penurunan berat pada kurva Termogravimetri (TG) (Price, *et al.* 2000; Beyler

and Hirschler 2002; Bonnia, *et al.* 2010; Comuce, *et al.* 2010).

Hasil karakterisasi pengaruh penambahan stiren 0% berat ditunjukkan pada Gambar 1. Dari Gambar 1 tersebut terlihat bahwa puncak endotermis pertama terjadi pada suhu 310°C menunjukkan mulai terjadi degradasi *ETP* yang diawali oleh ketidakstabilan ikatan antar molekul polimer dan terjadi pemutusan ikatan antar polimer pada suhu 310°C sampai dengan suhu 450°C. Proses degradasi tersebut disertai dengan penurunan berat polimer sampai kurang lebih 97% berat seperti diperlihatkan pada garis Termogravimetrisnya (TG). Pengaruh penambahan stiren 10% berat sampai dengan 50% berat ditunjukkan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4. Dari gambar tersebut memperlihatkan proses degradasi yang ditandai dengan kurva endotermis dan penurunan berat terjadi dalam dua tahap yaitu tahap pertama pada suhu kurang lebih 310°C sampai dengan suhu 440°C dan antara suhu 450°C sampai dengan suhu 520°C.

Puncak endotermis pada suhu kurang lebih 310°C sampai dengan suhu 440°C merupakan proses terjadinya degradasi dari stiren yaitu terjadi pemutusan ikatan antar rantai karbon. Dari gambar tersebut memperlihatkan penurunan berat sebesar 15% sampai dengan 20% berat dari kurva termogravimetrisnya.

Puncak endotermis kedua terjadi pada suhu kurang lebih 450°C sampai dengan suhu 520°C. Pada suhu tersebut mulai terjadi pemutusan ikatan rantai karbon pada stiren yang mengakibatkan penurunan berat kurang lebih 5% berat.

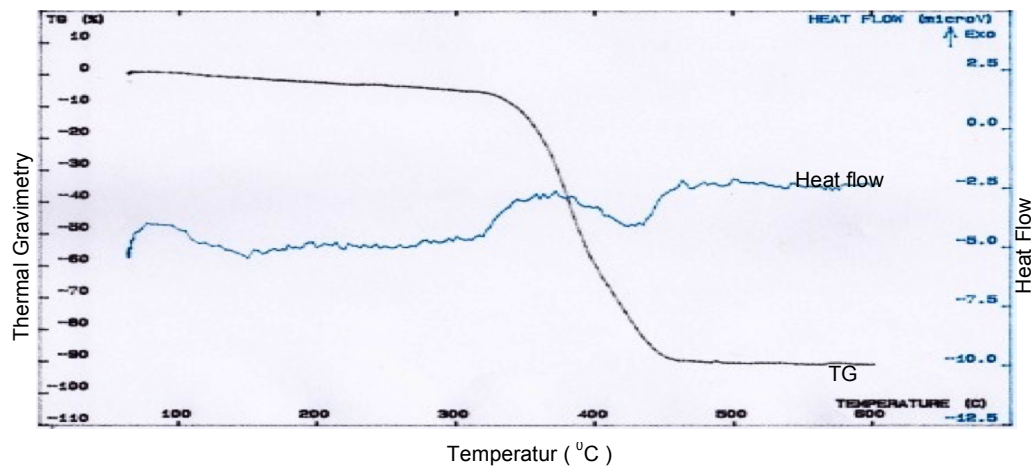
Kompatibilitas sistem stiren-*ETP* terlihat pada kurva *heat flow* pada suhu kurang lebih 300°C sampai dengan suhu 470°C. Pada suhu tersebut mulai terjadi mobilitas partikel penyusun stiren dan *ETP* sebelum terjadinya degradasi. Pada Gambar 2 terlihat bahwa pengaruh penambahan stiren ditunjukkan adanya awal puncak yang mulus atau "*smooth*" dibandingkan puncak pada Gambar 1 untuk suhu yang sama. Dari Gambar 2 tersebut menunjukkan dominasi pengaruh *ETP*.

Tabel.1. Hasil karakterisasi sifat mekanik komposit stiren-MMA dengan bahan pengisi Pb₃O₄

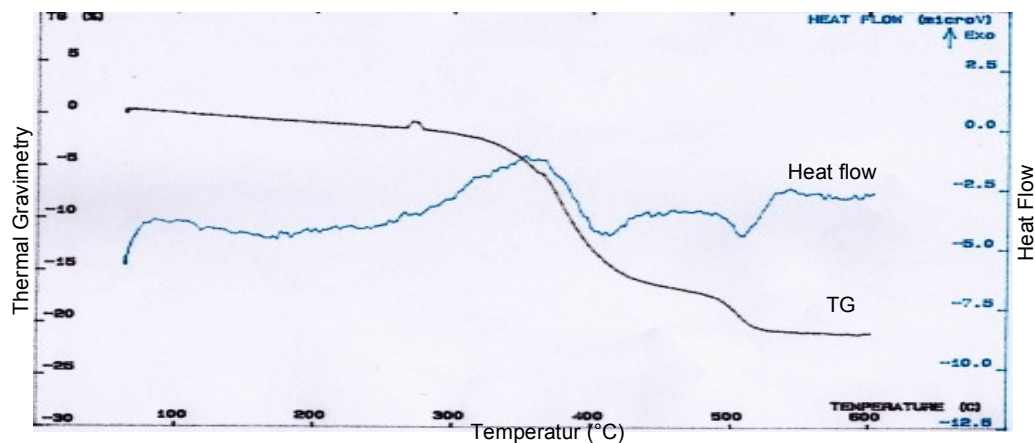
Jenis karakterisasi komposit	Jumlah stiren yang ditambahkan (%berat)			
	0%	10%	30%	50%
Kuat Tarik (Mpa)	4,97	8,78	9,48	8,69
Perpanjangan 100% (Mpa)	4,73	16,78	28,24	21,06
Perpanjangan 300% (Mpa)	11,82	35,64	59,02	46,87
Kuat Sobek (Kg/cm)	7,22	23,68	25,54	31,43
Kekerasan (Shore A)	44,00	57,40	75,60	87,00
Abrasi	2,82	3,11	3,44	2,58

Pada Gambar 3, dalam rentang suhu kurang lebih 300°C sampai dengan suhu 470°C menunjukkan perbandingan stiren-ETP yang sesuai, hal ini diindikasikan terjadinya puncak yang landai sehingga sebelum terdegradasi

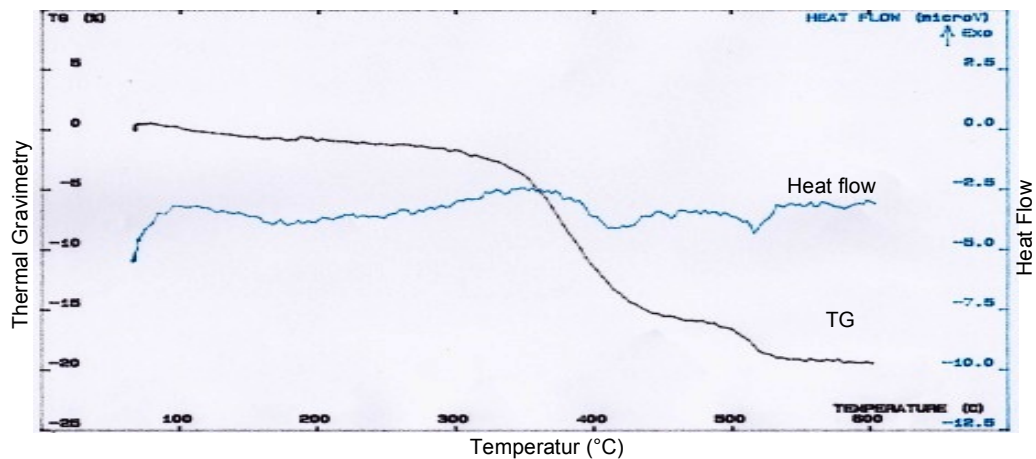
ikatan stiren-ETP terlepas secara bersama. Sedangkan pada Gambar 4 pada rentang suhu yang sama terlihat adanya puncak yang tumpang tindih terjadi pada suhu kurang lebih 350°C.



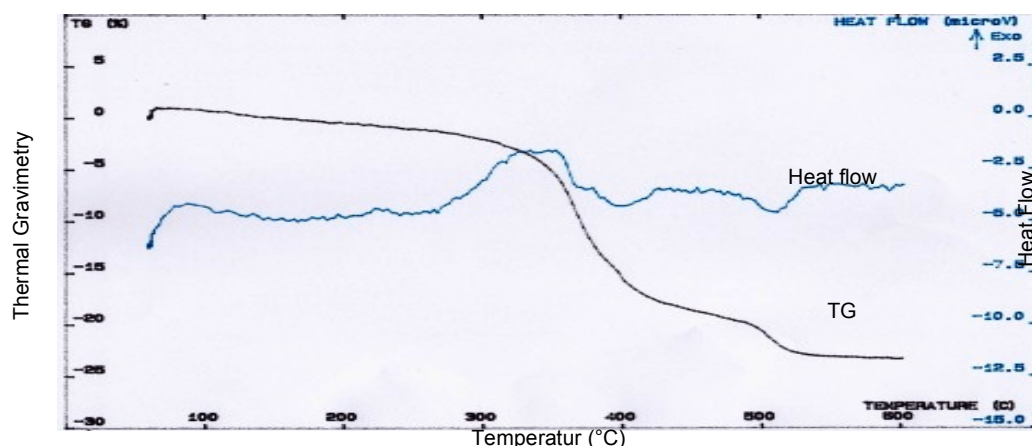
Gambar 1. Hasil karakterisasi termal komposit stiren 0% + MMA + Pb_3O_4 400 phr



Gambar 2. Hasil karakterisasi termal komposit stiren 10% + MMA + Pb_3O_4 400 phr



Gambar 3. Hasil karakterisasi termal komposit stiren 30% + MMA + Pb_3O_4 400 phr



Gambar 4. Hasil karakterisasi termal komposit stiren 50% + MMA + Pb₃O₄ 400 phr

KESIMPULAN

Dari hasil karakterisasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengaruh penambahan stiren terhadap komposit MMA-Pb₃O₄ sampai dengan 30% berat mengakibatkan peningkatan sifat mekanik sedangkan sifat termalnya terjadi 2 tahapan degradasi yaitu pada suhu kurang lebih 310°C sampai dengan suhu 440°C dan antara suhu 450°C sampai dengan suhu 520°C. Hal tersebut diakibatkan stiren memiliki ketahanan termal yang lebih tinggi dibandingkan MMA.

DAFTAR PUSTAKA

- Arshadet, M., K. Masud, M. Arif, S. Rehman, A. Saeed, and J. Zaidi. 2011. Characterization of poly(methyl methacrylate)-tin (IV) chloride blend by TG-DTG-DTA, IR and Pyrolysis-GC-MS Techniques. *Bull. Korean Chem. Soc* 32(9): 3295-3305.
- Beyler, C. L. and M. M. Hirschler. 2002. Thermal decomposition of polymers. 3th ed. Boston.
- Blond, D., V. Barron, M. Ruether, K. P. Ryan, V. Nicolosi, W. J. Blau, and J. N. Coleman. 2006. Enhancement of modulus, strength, and toughness in poly (methyl methacrylate)-based composites by the incorporation of poly(methylmethacrylate)-functionalized nano tubes. *Advanced Functional Materials*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Bonnia, N. N., S. H. Ahmad, I. Zainol, A. A. Mamun, M. D. H. Beg, A. K. Bledzki. 2010. Mechanical properties and environmental stress cracking resistance of rubber toughened polyester/kenaf composite. *eXPRESS Polymer Letters* 4(2): 55-61.
- Charmondusit, K., S. Kiatkamjornwong, and P. Prasassarakich. 1998. Grafting of methyl methacrylate and styrene onto natural rubber. *J. Sci. Chula. Univ* 23(2): 167-181.
- Comuce M., Rogaume T., Richard F., Luche J. and Rousseaux P. 2010. Kinetics and mechanism of the thermal degradation of polymethyl methacrylate by TGA/FTIR analysis. 6th International Seminar on Fire and Explosion Hazards. UK: Leeds.
- Deniz, V., N. Karakaya, and O. G. Ersoy. 2010. Effects of fillers on the properties of thermoplastic elastomers. *Society of Plastic Engineers-Plastics Research Online*. 10.1002/spepro.002518: 1-4.
- Flynn, J. H. 2005. *Thermal analysis of polymers*. Encyclopedia of Polymer Science and Technology. John Wiley & Sons Inc.
- Kaniappan, K. and S. Latha. 2011. Certain investigations on the formulation and characterization of polystyrene/poly(methyl methacrylate) blends. *International Journal of ChemTech Research* 3(2): 708-717.
- Price, D. M., D. J. Hourston, and F. Dumont. 2000. Thermogravimetry of polymers. *Encyclopedia of Analytical Chemistry* R. A. Meyers. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Sudirman, A. Handayani, T. Darwinto, T. Yulius, A. Sunarni dan I. Marijanti. 2000. Struktur mikro dan sifat mekanik komposit elastomer termo plastik-timbal oksida. *Jurnal Mikroskopi dan Mikroanalisis* 3(1): 17-20.

Sugiantoro, S., Sudirman, Mashadi, Histori, dan A. Mahendra. 2012. Karakterisasi termal sifat mekanik dan struktur mikro komposit *ETP*-Stiren dengan timbal

oksida. Dalam: *Prosiding seminar nasional SDM teknologi nuklir VIII*. STTN-BATAN: p.365-371