

PERANAN SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM) DALAM PENELITIAN DI BIDANG POLIMER

Sudirman¹, Aloma Karo Karo¹, Tri Darwinto¹, Sudrajat Iskandar² dan Kadarijah²

¹P3IB – BATAN, Kawasan PUSPIPTEK Serpong 15314

²P3TIR – BATAN, Jl. Cinere Pasar Jum 'at Jakarta 12440

ABSTRAK

PERANAN SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM) DALAM PENELITIAN DI BIDANG POLIMER. Beberapa penelitian dibidang polimer yang telah dilakukan, baik proses sintesis, karakterisasi dan aplikasinya dapat dijelaskan oleh peranan SEM. Dalam melakukan sintesis polimer gel berukuran seragam sebagai bahan pengisi kolom GPC (*Gel Permeation Chromatography*) dan HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*), ukuran dan distribusi polimer gel pada kolom GPC dan HPLC dapat diterangkan secara baik. SEM berperan dalam mengkarakterisasi pada pembuatan polimer yang bersifat biodegradasi (ramah lingkungan) dalam penjelasan ukuran, distribusi dan komposisi campuran polipropilena-sagu sebagai polimer ramah lingkungan. Peranan yang menonjol dari SEM dapat diperlihatkan pada pembuatan kopolimer cangkok 4-vinil piridin pada serat polipropilena sebagai penukar ion. SEM dapat menjelaskan struktur mikro permukaan serat, daya serap dan data pemetaan ion Cu, Ni dan Cr yang dapat diserap oleh kopolimer cangkok tersebut. SEM juga berperan dalam pembuatan bahan komposit berbasis karet alam – timbal oksida sebagai bahan perisai radiasi sinar-x, di mana SEM dapat menjelaskan proses pengikatan karet alam terhadap timbal oksida, yang berperan sebagai pengisi.

ABSTRACT

THE ROLE OF SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM) ON THE RESEARCH OF POLYMER. Several research of polymer which have been done, such as synthesize, characterization and its application could be explained by the role of SEM. In synthesizing of uniform sized polymer gel for the packing material of GPC (*Gel Permeation Chromatography*) and HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*), the size and the distribution of polymer gel in the GPC and HPLC column could be explained well. The SEM took the role in the characterization of the synthesize of biodegradable polymer to explain the size, distribution and composition of polypropylene-sago compound as biodegradable polymer. The other role of SEM could be found in graft copolymer 4-vinylpyridin onto polypropylene fiber as ion exchanger. SEM could explained the surface microstructure of polypropylene, absorption ability and the mapping of Cu, Ni and Cr that absorbed by the graft polymer. In synthesizing of natural rubber-lead oxide based composite as the material for x-ray shielding, SEM took place to explained the process of lead oxide (as filler) bonding by natural rubber.

1. PENDAHULUAN.

Beberapa penelitian dan pengembangan polimer telah dilakukan dengan berbagai tujuan dimana SEM (*Scanning Electron Microscope*) turut mengambil peranan penting didalamnya. Makalah ini membahas 4 (empat) penelitian dan pengembangan polimer, yaitu polimer gel, polimer ramah lingkungan, polimer penukar ion dan polimer komposit. Dalam sintesis dan karakterisasi polimer sebagai bahan pengisi kolom HPLC dan GPC dapat dijelaskan dengan peran serta SEM untuk mengetahui ukuran dan distribusinya. Sintesis bahan pengisi kolom HPLC dan GPC sampai sekarang ini masih impor. Peranan bahan kompatibel dalam pembuatan polimer ramah lingkungan dengan bahan baku berupa polipropilena, dapat dijelaskan dengan bantuan SEM. Sintesis dan aplikasi polimer penukar ion dapat

diterangkan secara baik dengan SEM. Bentuk serat polipropilena dengan kenaikan kadar pencangkakan 4-vinilpiridin dapat diperlihatkan oleh SEM. Begitu juga aplikasi penukar ion dalam menyerap logam-logam berat seperti Cu, Ni, dan Cr dapat diterangkan dengan SEM-EDAX. Dalam pembuatan komposit bahan penahan radiasi neutron, proses interaksi antara boron dengan termoplastik elastomer terlihat jelas dengan bantuan SEM.

Salah satu metode pemisahan yang banyak digunakan adalah kromatografi dikarenakan metode pemisahannya cepat, tepat, efisien, murah dan dapat digunakan sekaligus untuk pemisahan secara kuantitatif [1]. Dari beberapa jenis kromatografi khusus untuk kromatografi cair yang paling banyak digunakan adalah GPC (*Gel Permeation Chromatography*) dan HPLC

(High Performance Liquid Chromatography). Di dalam sistem kedua metode tersebut, kolom yang berisikan fase diam merupakan bagian yang sangat penting dikarenakan pemisahan komponen-komponen terjadi pada kolom sehingga pemisahan berjalan benar jika digunakan kolom yang baik dan cocok [2,3]. Hingga sekarang kolom untuk HPLC dan GPC masih impor dan harganya sangat mahal. Disamping itu jenis kolom yang sesuai dengan sampel yang akan dipisahkan sulit diperoleh. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian dengan cara sintesis polimer gel, dalam hal ini berupa gel stirena divinil benzen dan gel akrilonitil itilena dimetakrilat, sebagai bahan pengisi kolom GPC dan HPLC [4,5].

Dalam rangka membuat polimer yang ramah lingkungan dicoba dibuat penggabungan polimer alam yang biodegradasi berupa sagu terhadap polimer termoplastik polipropilena. Dari penelitian terdahulu diketahui asam maleat anhidrit yang tercangkok pada polipropilena dapat meningkatkan kompatibilitas propilena terhadap biopol yaitu polimer sintetik yang biodegradasi [6,7]. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa propilena tidak kompatibel terhadap sagu, sehingga digunakan modik berupa asam maleat anhidrit sebagai bahan kompatibel antara sagu dengan propilena [8,9]. Dengan dicapainya penelitian ini diharapkan dapat diperoleh poliimer yang mudah terdegradasi di lingkungan dan dapat dipakai untuk bidang kedokteran, farmasi dan kosmetika.

Polipropilena merupakan polimer termoplastik hidropob yang mempunyai sifat mekanik, *tensile strength*, dan *stiffness* yang baik. Modifikasi sifat polipropilena banyak dilakukan untuk memperoleh sifat polipropilena yang diinginkan, namun tetap mempertahankan sifat mekaniknya [10,11]. Salah satu cara mengubah sifat polipropilena adalah dengan cara mencangkokkan monomer 4-vinilpiridin pada serat polipropilena, sehingga diperoleh kopolimer cangkok polipropilena-g-4-vinilpiridin (PP-g-4VP) yang dapat digunakan sebagai penukar ion. Pencangkokan pada serat polipropilena mengakibatkan terjadinya perubahan struktur mikro serat polipropilena. Untuk itu dipelajari pengaruh kadar pencangkokan terhadap perubahan struktur mikro permukaan serat kopolimer cangkok PP-g-4-VP. Selain kadar cangkok, radiasi sinar gamma yang digunakan selama proses terbentuknya kopolimer cangkok juga dapat mempengaruhi permukaan struktur mikro dan struktur polipropilena seperti yang dilaporkan Kushal [12] dan Wang [13]. Oleh karena itu proses pencangkokan monomer 4-vinilpiridin pada polipropilena dilakukan pada dosis yang sama, untuk menghindari pengaruh dosis radiasi terhadap struktur mikro dan kristalinitas serat polipropilena [14], sedangkan kadar pencangkokan yang berbeda diperoleh dengan memvariasikan konsentrasi monomer. Pada penelitian ini pencangkokan 4-vinilpiridin pada serat polipropilena untuk membuat serat penukar ion dilakukan secara simultan dalam keadaan vakum sesuai dengan prosedur

yang dilakukan Aloma dkk. [15]. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh kadar cangkok 4-vinilpiridin terhadap struktur mikro serat polipropilena serta analisis kation yang terserap pada serat kopolimer cangkok PP-g-4-VP setelah diaplikasikan sebagai penukar ion, terhadap ion Cu^{2+} , Ni^{2+} dan Cr^{3+} menggunakan SEM-EDAX.

Bahan penahan radiasi neutron (B_4C) yang digunakan saat ini masih diimpor sehingga harganya menjadi mahal. Selain itu jumlah yang digunakan juga cukup banyak sehingga melipat-gandakan biaya penyediaan [16,17]. Oleh sebab itu perlu dilakukan sintesis dan modifikasi bahan komposit sebagai bahan penahan radiasi neutron serta mengkarakterisasinya sehingga memiliki spesifikasi seperti yang disyaratkan. Matriks komposit dapat dibuat berbasis termoplastik elastomer, yang terdiri dari karet alam (KA) sebagai elastomer dan polimetil metakrilat (PMMA) sebagai termoplastik. Digunakan karet alam mengingat sumber daya alam karet Indonesia tersedia dalam jumlah yang melimpah tetapi perlu ditingkatkan sifatnya dalam bentuk termoplastik elastomer [18]. Oleh sebab itu karet alam diiradiasi dengan sinar gamma bersama-sama dengan PMMA sehingga terbentuk ikatan silang dalam kondisi optimal. Selanjutnya matriks yang terbentuk tersebut dicampur dengan boron yang berfungsi sebagai absorber radiasi neutron dengan berbagai komposisi yang berbeda, yaitu 5%, 10% dan 50% berat. Komposit yang telah dibuat dikarakterisasi struktur mikronya dengan SEM. Dalam aplikasinya sebagai penahan radiasi neutron, komposit yang akan dibuat bergantung dengan banyaknya kandungan boron di dalamnya, mengingat banyaknya sifat boron sebagai absorber neutron tetapi banyaknya boron dibatasi oleh pengikatan oleh matriks yang ada dan sifat bahan yang akan dicapai. Oleh sebab itu perlu diketahui komposisi boron yang optimal dalam pembuatan komposit yang akan dibuat. Hal ini dapat dipelajari terlebih dahulu dari sifat termal dan struktur mikronya. Hasil dari sintesis dan modifikasi ini diharapkan dapat memberikan alternatif pilihan terhadap bahan penahan radiasi neutron (B_4C) sehingga ketergantungan pengadaannya melalui impor dapat ditekan serendah mungkin.

2. TATA KERJA

2.1 Polimer Gel [1]

Preparasi benih polistiren. Ke dalam labu leher tiga berukuran 500 ml yang telah dilengkapi dengan pengaduk mekanik dimasukkan berturut-turut 200 ml etanol atau campuran etanol dan air (perbandingan 80 : 20), 3,12 g poli(vinilprolidon), 0,86 g bis(2-etilheksil) sulfosuksinat, 27 g stiren dan 0,27 g asobis iso butiro nitril (AIBN). Campuran ini dipolimerisasikan dengan cara diaduk secara kontinyu selama 8 jam pada suhu 70°C. Benih polistiren yang dipeoleh disaring, dicuci dengan metanol

3-4 kali, kemudian dikeringkan pada suhu kamar, selanjutnya disimpan.

Sintesis polimer gel. Ke dalam labu leher tiga berukuran 500 ml yang telah dilengkapi dengan pengaduk mekanik dimasukkan sejumlah air yang mengandung 0,6% berat polivinil alkohol (PVA) dan sejumlah benih polistiren dari hasil sintesis diatas. Campuran (larutan 1) ini diaduk pelan-pelan pada temperatur kamar. Kemudian sejumlah monomer, divinil monomer, AIBN dan diluent dimasukkan ke dalam gelas piala yang telah berisi air yang mengandung 0,6% berat PVA dan natrium n-dodekil sulfat. Campuran ini selanjutnya diberi gangguan dengan gelombang ultrasonik selama ± 30 menit, setelah itu campuran dimasukkan secara bertetes-tetes ke dalam larutan 1 diatas. Campuran diaduk pelan-pelan pada temperatur kamar selama 24 jam, kemudian temperatur dinaikkan menjadi 70°C dan dijaga pada temperatur tersebut selama 8 jam. Setelah selesai gel yang diperoleh disaring dan dicuci berturut-turut dengan air panas, aseton dan kloroform sebanyak masing-masing 3-4 kali, kemudian dikeringkan pada suhu kamar, selanjutnya disimpan.

2.2 Polimer Ramah Lingkungan [6]

Penyiapan sampel. Penyiapan sampel dilakukan dengan mencampur polipropilen (PP), tepung sagu (S), dan modik (M) dalam laboplastomil pada suhu 180°C selama 5 menit. Kadar sagu dan modik yang dicampurkan bervariasi masing-masing 0-25-50-75-100-150-200 psp (per seratus bagian polipropilen), dan 0-12,5-25-50-75-100 psp. Jumlah berat sampel yang dicampurkan sekitar 40 gram. Campuran PP-M-S selanjutnya dibuat film dengan menggunakan mesin pres panas dan dingin masing-masing pada suhu 180°C dan suhu kamar selama 3 menit. Film yang terbentuk kemudian diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis iradiasi 0-10-25-50 kGy.

2.3 Polimer Penukar Ion [10]

Serat polipropilena sebelum pencangkakan serat PP-g-4-VP hasil pencangkakan (kadar cangkak 39,02%; 60,46%; 103,50% dan 841,95%) dan serat PP-g-4-VP yang telah dikenakan proses adsorpsi terhadap ion Cu, Ni dan Cr dalam keadaan kering, masing-masing dipotong ± 2 cm, ditempelkan pada pemegang sampel kemudian dilakukan pelapisan tipis dengan emas sebagai konduktor. Selanjutnya diamati struktur mikro permukaannya dan hasil adsorpsi dengan SEM-EDAX pada tegangan operasi 20 kV.

2.4 Polimer Komposit Sebagai Bahan Perisai Radiasi [16]

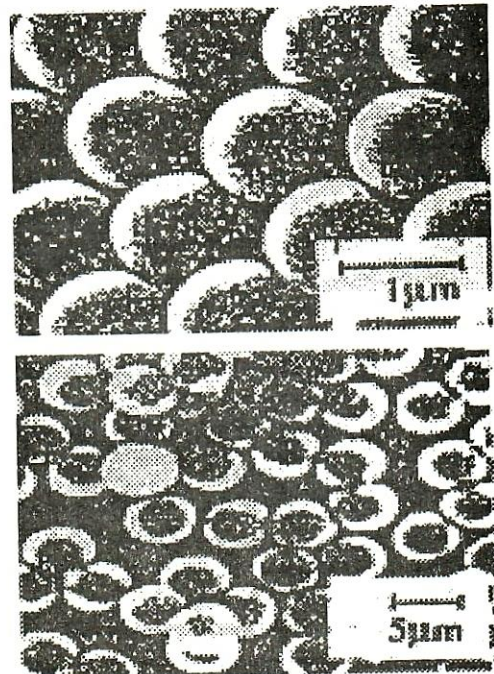
Untuk pembuatan komposit elastomer termoplastik-boron, dilakukan dengan menimbang bahan elastomer termoplastik sebanyak 40 gram, kemudian digiling dalam Labo Platomill pada suhu 100°C selama 5 menit dengan kecepatan 30 rpm. Sambil digiling ditambahkan serbuk boron perlahan-lahan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan (5%, 10% dan 50%)

sehingga diperoleh hasil gilingan berupa komposit elastomer termoplastik-boron yang homogen. Hasil gilingan yang diperoleh selanjutnya dibuat lembaran film komposit elastomer termoplastik-boron dengan proses *hot-press* selanjutnya dilakukan karakterisasi dengan SEM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

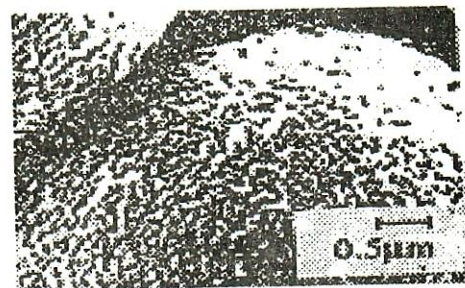
3.1 Polimer Gel

Benih polistirena. Diameter benih sangat dipengaruhi oleh jenis dan kandungan pelarut yang digunakan. Bila digunakan campuran etanol air dengan kandungan etanol 80 – 100% volume diperoleh diameter benih antara 3 – 1 μm . Hasil foto dengan SEM menunjukkan benih berbentuk bola, berukuran seragam dan tidak mempunyai pori-pori seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Fotograf SEM dari benih PoliStiren

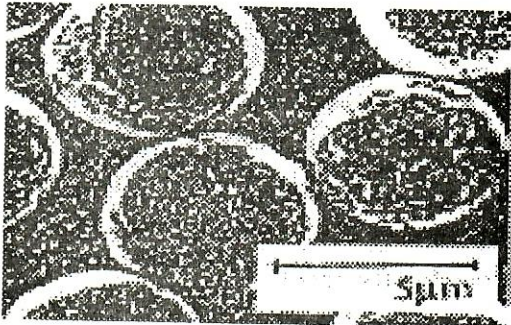
Gel stirena divinil benzen. Gel stirena divinil benzen disintesis dengan polimerisasi benih menggunakan benih polistirena. Dari hasil karakterisasi SEM diketahui gel berbentuk bola dan mempunyai pori-pori dengan diameter antara 3-5 μm , ukuran diameter bergantung dari perbandingan persen *swelling* [1]. Hasil



Gambar 2. Fotograf SEM dari gel Stiren - Divinil Benzen

karakterisasi SEM ditunjukkan pada Gambar 2.

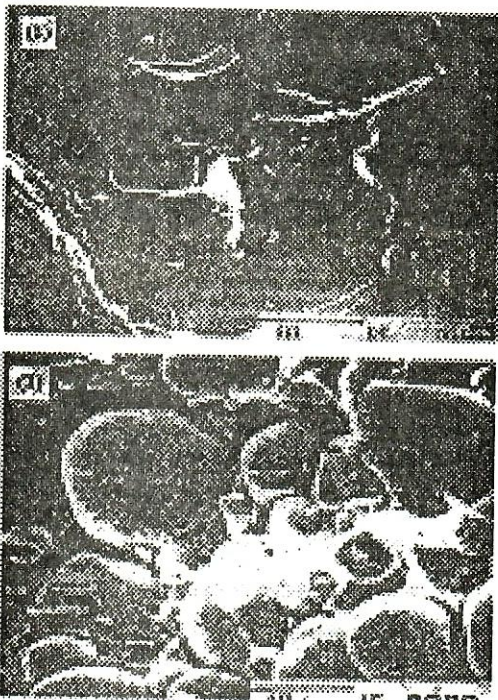
Gel akrilonitril-etilendimetakrilat. Gel tersebut juga disintesis dengan polimerisasi benih. Dari hasil karakterisasi SEM gel akrilonitril-etilendimetakrilat berbentuk bola dengan distribusi ukuran yang sempit dan mempunyai pori-pori, namun permukaan gel lebih halus dibandingkan gel stirena divinil benzen, karena jumlah pori-porinya lebih sedikit. Hasil karakterisasi SEM diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Fotograf SEM gel akrilonitril-etilen dimetakrilat

3.2 Polimer Ramah Lingkungan.

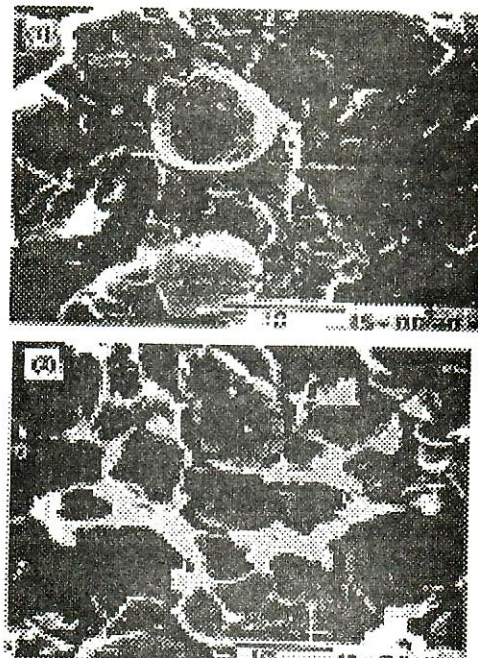
Secara visual ketidak-kopatibelannya sagu terhadap polipropilena terlihat pada foto SEM permukaan patahan campuran propilena-sagu dengan kadar sagu 100 psp (Gambar 4). Pada Gambar 4(1) terlihat permukaan patahan polipropilena sebagai satu fase kontinyu yang tunggal. Gambar 4(2) memperlihatkan sagu berbentuk granular dengan diameter yang bervariasi antara 2 – 8 μm terdistribusi pada matrik polipropilena. Antara



Gambar 4. Fotomikrograph permukaan patahan dari polipropilen (1) dan Campuran PP-S dengan kadar sagu 100 psp (2)

propilena dan sagu terlihat adanya celah/jarak yang membuat sagu menjadi satu fase yang terpisah dari matrik polipropilena. Hal ini dikarenakan sagu memiliki gugus hidroksil yang bersifat hidropilik sehingga bersifat polar sedangkan polipropilena bersifat hidropobik

Bila diadakan variasi modik, hasil karakterisasi SEM ditunjukkan seperti pada Gambar 5. Gambar 5(1) memperlihatkan celah antara polipropilena dan sagu sudah tidak terlihat dengan penambahan modik 25 psp sehingga hanya terlihat satu kesatuan fase kontinyu dari kedua polimer tersebut mengakibatkan matrik polipropilena-sagu menjadi kuat. Dengan menyatunya polipropilen dan sagu berarti modik yang telah tercampok pada polipropilena dapat bereaksi baik pada sagu. Artinya modik berfungsi sebagai jembatan/perekat dari kedua polimer tersebut. Bila modik ditambahkan lebih banyak lagi sampai 100 psp maka kelebihan modik dapat diperlihatkan dari hasil karakterisasi SEM berupa warna putih pada campuran polipropilena-sagu seperti diperlihatkan pada Gambar 5(2) di bawah ini :

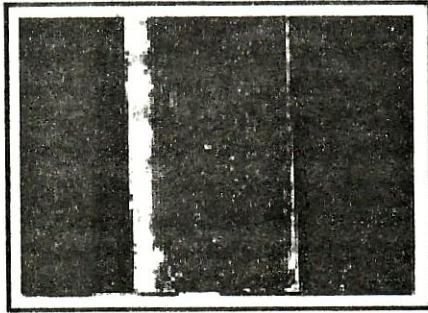


Gambar 5. Foto mikrograph permukaan dari campuran PP-M-S dengan kadar sagu 100 psp dengan modik 25 psp (1) dan 100 psp (2)

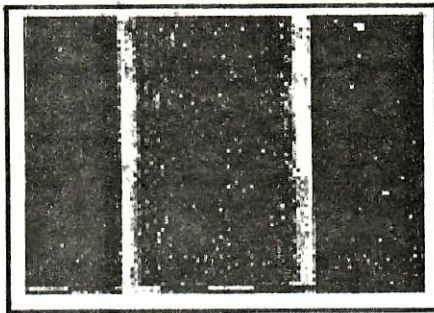
3.4 Polimer Penukar Ion.

Hasil pengamatan struktur mikro permukaan menunjukkan bahwa pada proses pencangkakan 4-vinilpiridin pada serat polipropilena menyebabkan terjadi perubahan pada serat polipropilena, baik diameter maupun permukaan serat polipropilena. Gambar 6 sampai gambar 10 menunjukkan perubahan diameter dan struktur mikro permukaan serat polipropilena dan serat kopolimer cangkok PP-g-4-VP.

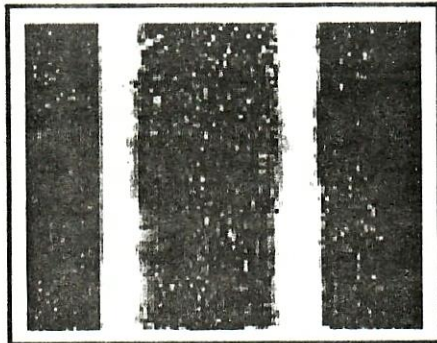
Diameter serat kopolimer cangkok PP-g-4-VP semakin besar dengan makin besarnya kadar pencangkakan. Hal ini dapat dijelaskan, bahwa proses



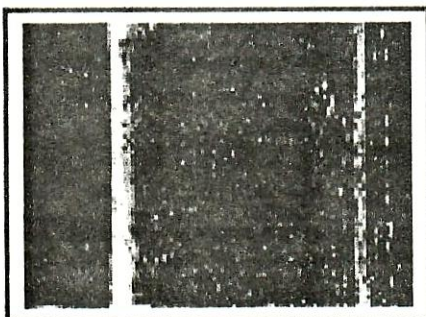
Gambar 6. Strukturmikro permukaan serat polipropilen sebelum pencangkakan



Gambar 7. Strukturmikro permukaan serat PP-g-4VP, kadar cangkakan 39,02 %



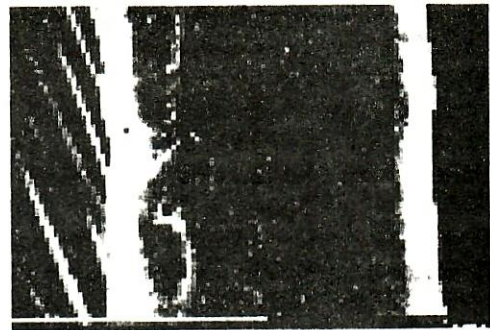
Gambar 8. Strukturmikro permukaan serat PP-g-4VP, kadar cangkakan 60,46 %



Gambar 9. Strukturmikro permukaan serat PP-g-4VP, kadar cangkakan 103,50 %

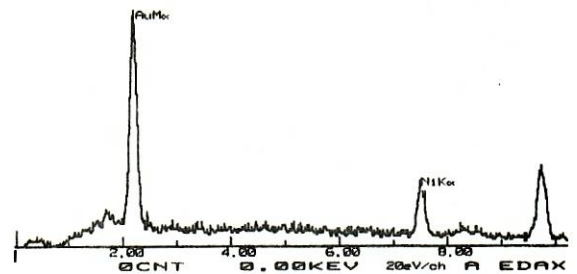
pencangkakan 4-vinilpiridin pada serat polipropilena dapat terjadi pada bagian kristalin maupun bagian amorf dari serat polipropilena. Secara teoritis awal pencangkakan terjadi pada bagian amorf serat polipropilena karena bagian amorf ini lebih aktif (*mobile*)

pergerakannya dibandingkan bagian kristalin [11]. Sehingga pada kadar pencangkakan rendah permukaan serat polipropilena tampak mengalami pelapisan menyebabkan diameter serat bertambah besar. Pengaruh semakin besar kadar pencangkakan pada struktur mikro permukaan serat terlihat pada Gambar 10 (serat PP-g-4-VP kadar cangkakan 841,95%) menunjukkan permukaan serat mengalami perubahan yang sangat berarti, terjadi lekukan atau garis berlubang pada permukaan serat. Hal ini ternyata mempengaruhi sifat fisis serat tersebut, seperti menurunnya sifat elastisitas (semakin rapuh) yang ditunjukkan dari pengamatan visual, dimana serat semakin kaku, kasar dan semakin rapuh. Disamping itu derajat kristalinitas serat menurun [14]. Analisis unsur dengan EDAX dan metode *mapping* terhadap unsur Cu, Ni dan Cr yang teradsorpsi pada serat PP-g-4-VP, setelah diaplikasikan sebagai penukar ion, dilakukan untuk melihat distribusi unsur-unsur Cu, Ni dan Cr yang teradsorpsi pada permukaan serat kopolimer cangkakan PP-g-4-VP.



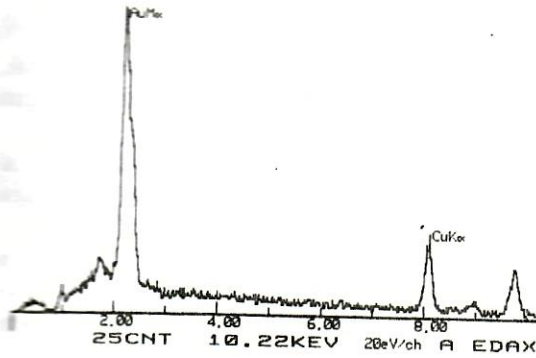
Gambar 10. Strukturmikro permukaan serat PP-g-4VP, kadar cangkakan 841,95 %

Pada gambar spektrum adsorpsi terhadap unsur Cu, Ni dan Cr (Gambar 11, 12 dan 13) terlihat bahwa serat kopolimer cangkakan PP-g-4-VP telah mengadsorpsi unsur Cu, Ni dan Cr pada permukaan serat.

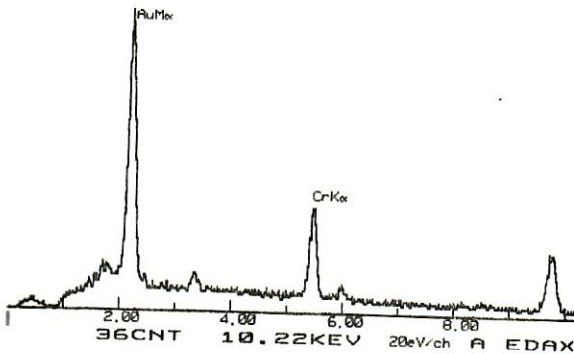


Gambar 12. Spektrum unsur Cu

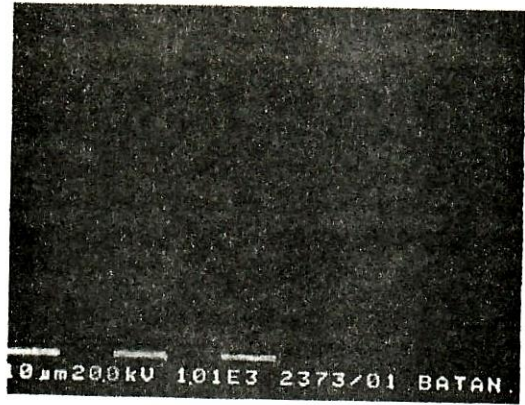
Sedangkan Gambar 14, 15 dan 16 menunjukkan *mapping* unsur Cu, Ni dan Cr pada serat yang sama. Dari pengamatan *mapping* terhadap ketiga unsur tersebut, terlihat bahwa unsur Cu terdistribusi cukup homogen dibandingkan unsur Ni dan Cr. Mengapa hal ini terjadi belum dapat dijelaskan pada penelitian ini, karena diasumsikan bahwa masing-masing unsur terdistribusi



Gambar 11. Spektrum unsur Ni

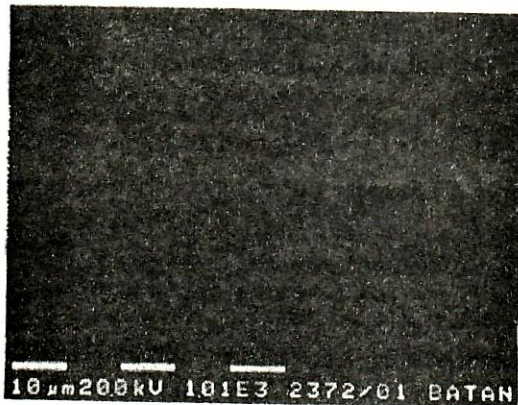


Gambar 13. Spektrum unsur Cr

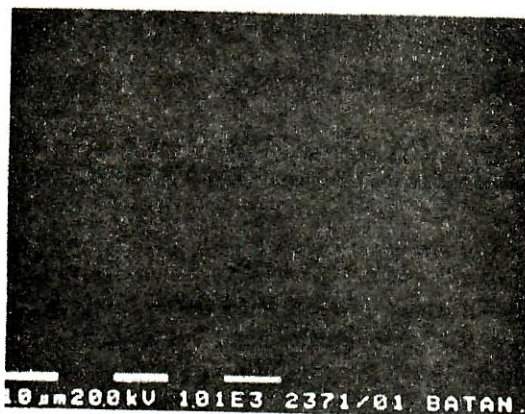


Gambar 16. Mapping unsur Cr

secara homogen karena pencangkakan yang terjadi juga cukup merata (homogen). Gambar 14, 15 dan 16 menunjukkan bahwa adsorpsi terhadap unsur Cr lebih besar dibandingkan terhadap unsur Cu dan Ni sebagaimana dinyatakan pada hasil pengamatan daya jerab serat PP-g-4-VP sebagai penukar ion [15]. Dengan demikian serat kopolimer cangkok Pp-g-4-VP dapat digunakan sebagai penukar ion, khususnya terhadap ion Cu^{2+} , Ni^{2+} dan Cr^{3+} , sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11 sampai 16.



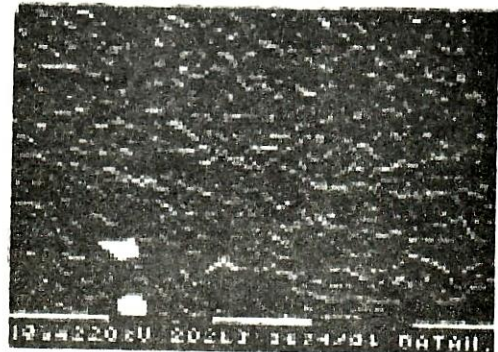
Gambar 14. Mapping unsur Cu



Gambar 15. Mapping unsur Ni

3.5. Polimer Komposit Sebagai Bahan Perisai Radiasi.

Fotografi dari elastomer termoplastik berupa karet alam (KA) dan polimetil metakrilat (PMMA) ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Foto mikrograph SEM dari KA-PPMA

Untuk membuat komposit dengan cara memasukkan boron (B) maka tidak mungkin terjadi interaksi antara elastomer termoplastik (KA-PMMA) dengan boron, oleh sebab itu pada elastomer termoplastik dilakukan penggilingan. Akibat proses penggilingan maka pada elastomer termoplastik KA-PMMA terjadi pengembangan (*swelling*), seperti terlihat pada Gambar 18.

KA-PMMA yang telah mengalami *swelling* akan mudah berinteraksi dengan serbuk boron. Artinya boron (B) akan masuk sebagai *filler* di dalam KA-PMMA sehingga terbentuk komposit. Dengan adanya interaksi

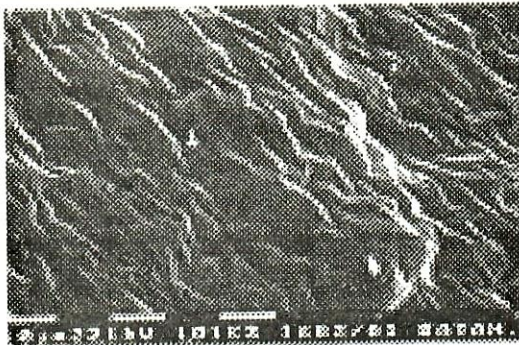
terikat lagi di dalam matriks elastomer termoplastik (KA-PMMA).



Gambar 18. Foto mikrograph SEM dari KA-PPMA



Gambar 19. Foto mikrograph SEM dari KA-PPMA giling



Gambar 20. Foto mikrograph SEM dari komposit KA-PPMA- 10 %



Gambar 21. Foto mikrograph SEM dari komposit KA-PPMA-B 50 %

4. KESIMPULAN

SEM dapat digunakan untuk mengetahui bentuk, ukuran dan distribusi polimer gel, sebagai bahan pengisi kolom GPC dan HPLC.

Kondisi optimum modik yang dapat dipakai sebagai pengkompatibel campuran polipropilena-sagu dari hasil karakterisasi SEM adalah sebesar 25 psp.

Dari hasil karakterisasi dengan menggunakan SEM-EDAX dapat diketahui bahwa kadar cangkok 4-vinilpiridin pada serat polipropilena berpengaruh pada struktur mikro permukaan dan diameter serat, makin besar kadar cangkok makin besar pula diameter serat. Serat kopolimer cangkok PP-g-4-VP dapat digunakan sebagai penukar ion (Cu, Ni dan Cr).

Hasil karakterisasi dengan SEM dapat diketahui bahwa komposit yang disintesis sebagai bahan perisai radiasi neutron ditentukan oleh kandungan boron di dalamnya. Artinya pada kandungan boron 5%, sifat termoplastik elastomer (KA-PMMA) pada komposit lebih menonjol. Sedangkan untuk kandungan boron 50%, dari hasil struktur mikro diperoleh boron tidak terikat lagi oleh matriks elastomer termoplastik yang ada. Kandungan boron 10% merupakan penambahan optimal diantara variasi komposisi kandungan boron yang lain. Namun perlu dilakukn penelitian lebih lanjut untuk memperoleh titik optimal yang lebih tepat dengan variasi penambahan boron pada rentang 10%-5-%. Untuk mencapai kandungan boron lebih dari 50% di dalam komposit, perlu dilakukan pengembangan metode sintesis lainnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. TRI DARWINTO, SUDIRMAN, ALOMA KARO KARO, *Sintesis Polimer Gel Berukuran Seragam dan Aplikasinya Sebagai Bahan Pengisis Kolom GPC dan HPLC*, Prosiding Seminar Nasional Mikroskopi dan Mikroanalisis II, Edisi Khusus Jurnal Mikroskopi dan Mikroanalisis, ISMM, Serpong, 1998.
- [2]. SATO H., et. al., *J. of Liquid Micromolecules*, 1986, 19, 2613.
- [3]. OGINO K., et. al., *Chromatography*, 1994, 17, 3025.
- [4]. UGELSTAD J., et. al., *Macromolecule Chemistry*, 1979, 180, 737.
- [5]. ULIN L. I., et. al., *Journal of Chromatography*, 1990, 514, 1.
- [6]. SUDRAJAT ISKANDAR, DEVI LISTINA P., KADARIJAH, ISNI M., FUMIO YOSHII, *Pengaruh Modik terhadap Kompatibilitas Campuran Polipropilen-Sagu*, Prosiding Seminar Nasional Mikroskopi dan Mikroanalisis II, Edisi Khusus Jurnal Mikroskopi dan Mikroanalisis, ISMM, Serpong, 1998.
- [7]. MILIGI G., *Comparison of the Degradability of irradiated Polypropilene and Poly(propylene-co-ethylene) in the Natural Environment*, *Polimer Degration and Stability*, 49, 1995, Elsevier Sci. Ltd.

- [8]. SULIWARNO A., SUNARNI A., MARLIYANTII., SUMARTI M., dan SUSILAWATI S., *Studi Degradasi Polipropilen Iradiasi pada Kondisi Lingkungan*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi II, PPSM-BATAN, Serpong, 1997.
- [9]. HILMY N., dan SUNDARDI F., Efek Radiasi Sinar Gamma pada Sifat Fisika Film Polipropilen dan Polietilen, *Majalah BATAN*, 1982, XV, (2).
- [10]. ARI H., ALOMA KARO KARO, SUGIK S., SUDIRMAN, *Karakterisasi Kopolimer Cangkok 4-Vinilpiridin pada Serat Polipropilen dan Aplikasinya sebagai Penukar Ion dengan SEM-EDAX*, Prosiding Seminar Nasional Mikroskopi dan Mikroanalisis II, *Edisi Khusus J. Mikroskopi dan Mikroanalisis*, 1998.
- [11]. SINGH R.P., *Prog. Polym. Sci.*, 1992, 17, 251-281.
- [12]. SENK., KUMAR P., *J. Appl. Polym. Sci.*, 1995, 55, 857-863.
- [13]. WANG C.S., YEH G.S., *Polymer Journal*, 1981, 13(8), 741-747.
- [14]. ENDANG A.W., ALOMA K.K., Kopolimerisasi Cangkok 4-vinilpiridin pada Serat Polipropilen dengan Teknik Radiasi : Pengaruh Kadar Pencangkokan terhadap Kristalinitas Serat Polipropilen, Seminar Kimia ITB – UKM III, Kualalumpur, Oktober 1997.
- [15]. SUGIK S., ALOMA K.K., DELIANA W., Studi Aplikasi Serat Kopolimer Graft Polipropilen – 4-vinilpiridin (PP-g-4VP) sebagai Penukar Ion Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, Lokakarya Nasional – Jurnal Nusantara Kimia, Yogyakarta, 1997.
- [16]. SUDIRMAN, RIDWAN, TEGUH Y. SURYA, ARI H., ISNI MARLIJANTI, *Studi Analisis Termal dan Struktur Mikro Komposit Berbasis Termoplastik Elastomer (KA-PMMA)-Boron*, Prosiding Seminar Nasional Mikroskopi dan Mikroanalisis III, ISMM, Serpong, 1999.
- [17]. GLENMURPHY, *Elements of Nuclear Engineering*, 1961, New York, John Willey and Sons Inc.
- [18]. MASCIA L., *Thermoplastics, Materials Engineering*, 1989, London, Elsevier Applied Science.
- [19]. MARTHA WINDHOLZ, *The Merck Index : An Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals*, 1983, Merck & Co., Inc.
- [20]. MARGA UTAMA, KADARIJAH, HERWINARNI, MADE SUMARTI dan F.X. MARSONGKO, *Pembautan Elastomer Termoplastik Karet Alam dengan Metode Polimerisasi Iradiasi*, Simposium Nasional – Himpunan Polimer Indonesia, Jakarta, 1995.