



**KESAN MODIFIKASI PERMUKAAN SERBUK SEKAM PADI MELALUI
PENYALUTAN GETAH ASLI CECAIR DISERTAI DENGAN PENYINARAN
ELEKTRON BEAM DALAM SIFAT MEKANIKAL**

*¹CHONG EE LANE, ¹ISHAK AHMAD, ²DAHLAN HJ. MOHD, ¹IBRAHIM ABDULLAH

¹Pusat Pengajian Sains Kimia dan Teknologi Makanan, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti
Kebangsaan Malaysia, Bangi

²Divisi Teknologi Pemprosesan Radiasi, Agensi Nuklear Malaysia, Bangi 43000 Kajang,
Selangor Darul Ehsan, Malaysia

*elane_cel0313@yahoo.com

ABSTRAK

Serbuk sekam padi (SP) merupakan serabut semulajadi yang boleh bertindak sebagai pengisi penguat dalam adunan getah asli termoplastik (TPNR) dengan melakukan modifikasi pada permukaannya. Dalam kajian ini, partikel SP mengalami pra-perawatan dengan menggunakan larutan NaOH dan diselaputi dengan satu lapisan getah asli cecair (LNR) diikuti dengan pendedahan kepada sinaran alur elektron (EB) pada dos yang berlainan. Pemeriksaan morfologi pada komposit dilakukan dengan menggunakan mikroskopi imbasan elektron (SEM) untuk memeriksa morfologi komposit dengan adunan SP pada modifikasi yang berlainan. Keputusan menunjukkan adunan komposit yang terisi dengan SP tersalut LNR serta terdedah EB menunjukkan perubahan dalam sifat mekanikal. Nilai optimum tegasan maksima dan kekerasan adalah 6.7 MPa dan 13.2 kJ/m² masing-masing pada 20 kGy dos sinaran EB, manakala modulus regangan adalah pada dos 30 kGy iaitu 79 MPa. Ini menunjukkan bahawa terdapat peningkatan interaksi antara muka SP dengan TPNR pada dos EB 20-30 kGy. Penambahan dos EB dalam SP tersalut LNR akan menyebabkan proses degradasi berlaku pada LNR serta mengganggu penyerakan SP dalam adunan komposit.

Kata Kunci: Sekam padi, Getah Asli, Sinaran Elektron Beam

ABSTRACT

Rice husk (RH) known as a non-reinforcing filler in the blend of natural rubber-thermoplastic (NR/HDPE) and needs surface modification to be adhesive effectively in the polymer composites. In this study, RH particles was pre-washed using sodium hidroxide (NaOH) dan coated with LNR followed by exposed to electron beam (EB) irradiation. Morfology study had been carried out using scanning electron microscope (SEM) to observed the composites that filled with different treatment condition RH. Results showed that composites filled with different EB irradiated rubber coated RH showed variation tensile properties with the amout of dosage. The optimum stress (6.5 MPa) and impact strength (13.2 kJ/m²) were recorded at 20 kGy dosage while the tensile modulus (79 MPa) was at 30 kGy dose. An improvement in mechanical properties at the EB dosage range about 20-30 kGy. However, over exposure to irradiation cause degradration of LNR coating and hence lower dispersion of filler in composites.

Keywords: *Rice husk, Natural Rubber, Electron beam irradiation.*

PENDAHULUAN

Komposit berpengisi penguat merupakan adunan yang terdiri daripada termoplastik dan serabut semulajadi, di mana sektor ini telah berkembang ketara sejak beberapa dekad lalu. Ini disebabkan bahan komposit berpengisi mempunyai sifat yang boleh diubahsuai mengikut kehendakan pasaran. Adunan polimer yang biasa disediakan adalah elastomer termoplastik (TPE), di mana ia adalah hasil adunan bahan termoplastik dan elastomer yang mempunyai sifat pemprosesan di antara plastik dan elastomer tervulkan. Kebanyakan pengisi semulajadi yang digunakan dalam adunan komposit adalah terdiri daripada bahan buangan dalam sektor pertanian seperti serabut kelapa, sekam padi, serbuk kayu, serabut tandan kalapa sawit dan sebagainya (Colom et al. 2003; Ishak et al. 1998; Ndazi et al. 2007; Prasad et al. 1998). Sekam padi dipilih dalam kajian ini sebab bahan ini merupakan bahan biomass yang banyak dihasilkan dalam negara kiata, di mana sebanyak 2 juta ton beras dihasilkan setiap tahun (Siti & Yusof 2003). Tambahan pula, penggunaan serabut lignoselulosa mempunyai banyak kelebihan jika dibandingkan dengan pengisi sintetik seperti sifat kekakuan yang tinggi, nisbah bidang serabut yang boleh diubahsuai, ketumpatan yang rendah, biodegradasi dan kos yang rendah (Wambua et al. 2003; Wong et al. 2004).

Akan tetapi, sifat semulajadi serabut yang hidrofilik telah menjadi satu cabaran yang perlu diatasi. Ini disebabkan serabut semujadi mempunyai sifat polar yang tinggi dengan kewujudan kumpulan hidroksil yang terdapat pada permukaan serabut, di mana lapisan ini yang dapat mengurangkan sifat pelekatan antara serabut-matriks. Kesan daripada interaksi antaramuka yang lemah antara dua komponen yang berlainan boleh menyebabkan sifat mekanikal yang minimum (Tserki et al. 2005). Terdapat banyak kajian lepas telah dilakukan untuk meningkatkan sifat pelekatan antara serabut dengan matriks dengan berkesan, sama ada mengubah struktur permukaan serabut ataupun menambahkan agen pengserasi semasa adunan untuk menggalakkan interaksi antaramuka serabut-matriks. Antara rawatan dan modifikasi yang pernah dilakukan adalah rawatan alkali, pengasetilan, malik-anhidrida polipropalena ko-polimer (MAH-PP) dan sebagainya (Bessadok et al. 2007; Cao et al. 2006; Ishak & Lau 2006; Mwaikambo & Ansell 2002). Rawatan alkali dengan menggunakan natrium hidrosida (NaOH) merupakan rawatan kimia yang sangat murah dan berkesan untuk modifikasi permukaan serabut, di mana larutan NaOH dapat menyingkirkan lapisan lignin yang menyelaputi pada lapisan luar serabut justerusnya dapat meningkatkan interaksi mekanikal antara serabut-matriks. Kebanyakan kajian menunjukkan peningkatan sifat mekanikal dengan menggunakan rawatan NaOH (Qin et al. 2008; Rout et al. 2001).

LNR yang terkenal sebagai agen pengserasi juga banyak dikaji dalam peningkatan sifat mekanikal adunan termoplastik, di mana LNR ini dapat meningkatkan sifat adunan termoplastik dan getah asli dengan menurunkan tegangan permukaan dua komponen yang berlainan (Ahmad et al. 1994; Dahlan et al. 2000; Ishak et al. 2005b). Dahlan dan Azizan juga pernah melaporkan bahawa LNR dapat memulakan interaksi taut-silang apabila sinaran EB dikenakan dengan meningkatkan sifat mekanikal adunan termoplastik dengan getah asli (Azizan et al. 2005; Dahlan et al. 2002). Dalam kajian Zsigmond, beliau pernah menyatakan bahawa dengan perawatan sinaran alur elektron dapat menghasilkan satu pusat yang aktif, di mana radikal bebas bukan sahaja dijana pada matriks oligomer malah juga pada permukaan serabut yang dapat membentuk ikatan kimia.

Dalam kajian ini, modifikasi dan rawatan permukaan SP dengan sinaran EB dilakukan dan diadunkan bersama TPNR dikaji. Kesan sifat mekanikal dan morfologi adunan komposit berpengisi pada komposisi 10 % ditentukan berdasarkan dos radiasi pada SP yang telah dicuci dengan NaOH dan diselaputi dengan LNR.

KAEDAH

BAHAN

Getah asli (NR) gred SMR-L dibekalkan oleh Lembaga Getah Malaysia, polietilena berketumpatan tinggi (HDPE) (jenis HF 81014C) pada ketumpatan 0.94 g/cm^3 dibekalkan oleh Titan chemicals, Malaysia dan sekam padi didapati daripada Bernas, Tanjung Karangn Malaysia. LNR yang digunakan dalam kajian disediakan dalam makmal melalui tindak balas pengoksidaan fotokimia NR (Ibrahim & Zakaria 1989). Natrium hidroksida (NaOH) dibekalkan oleh System Chemical Co., Spain.

PENYEDIAN SAMPEL

Sekam padi yang digunakan dalam kajian dikisarkan dan diayak dengan menggunakan pengayak (Retsch Test Sieve, model ZM200) pada julat saiz 150- 45 μm . Kemudian, serbuk sekam padi dikacau bersama dengan 5 % larutan NaOH dalam bikar selama sejam pada suhu bilik dan dikeringkan dalam oven pada suhu $60 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam sebelum direndamkan dalam larutan 10 % LNR untuk 30 min pada suhu bilik. Bicar yang mengandungi serbuk sekam padi dan LNR dimasukkan dalam mesin ultrasonik untuk 30 min lagi. Serbuk sekam padi terawat ditapis dan dikeringkan dalam ketuhar vakum pada suhu $60 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam. Serbuk sekam padi yang telah disaluti dengan LNR dipancarkan dengan sinaran elektron beam menggunakan mesin alur elektron, model EPS 3000 daripada Nissin High Voltage, Japan. Julat dos EB adalah 0 hingga 50 kGy. Parameter-parameter penyinaran yang ditentukan adalah voltan penyinaran pada 2 MeV, 10 kGy setiap penyinaran, arus alur sebanyak 1 mA dan kalajuan pada 0.96 m/min.

Penyediaan komposit TPNR diperkuat serbuk sekam padi dimulakan dengan pengadunan TPNR (60/40) dengan menggunakan mesin pencampuran (Brabender PL 2000). Pengadunan TPNR yang dihasilkan mengikut suhu $135 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 10 min pada kelajuan 50 rpm. Adunan TPNR dikisarkan kepada partikel yang lebih kecil dengan menggunakan pengisar (Refec Granular, model PH300SS). TPNR yang dihasilkan bercampur dengan serbuk sekam padi dalam mesin pencampuran yang sama pada suhu $135 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 13 min pada kelajuan 45 rpm. Komposisi RH yang ditambahkan adalah 10 % mengikut berat adunan. Hasil adunan sampel ditekan dengan menggunakan mesin penekan panas jenis hidraulik kepada ketebalan 1 mm dan 3 mm untuk penilaian dan pencirian sampel.

PENCIRIAN SAMPEL

Ujian regangan dilakukan dengan menggunakan mesin tensil universal model Instron 5566 mengikut standard ASTM D412 pada kelajuan tarikan 50 mm/min. Kepingan sampel dengan ketebalan 1 mm dipotong kepada bentuk dumbell untuk ujian tensil. Ujian hentaman dilakukan mengikut standard ASTM D256 pada sampel berdimensi (65 x 12 x 3) mm dengan menggunakan

mesin bandul Izod Universal Fructoscope (model CEAST 6545/000) dan bebanan disetkan pada 2 J.

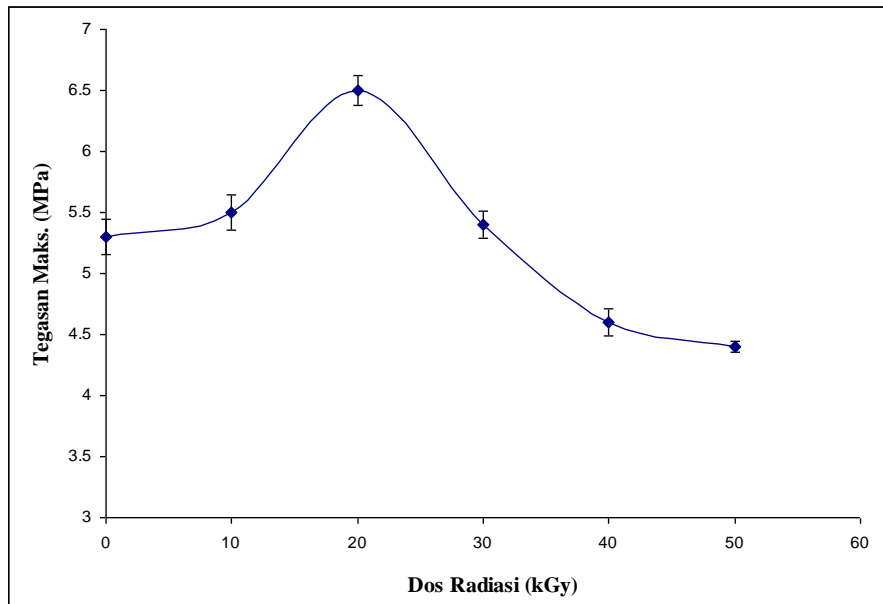
Pemeriksaan morfologi dikaji dengan menggunakan mikroskop imbasan elektron (SEM) jenis VPSEM LEO 1450. Sampel yang digunakan dalam pemeriksaan morfologi adalah pada bahagian pemutusan sampel selepas ujian regangan dengan menggunakan mesin ujian universal (UTM). Sampel kemudiaannya dipotong, di mana bahagian hujungnya diselaputi dengan selapis emas setebal $0.01 \mu\text{m}$ hingga $0.1 \mu\text{m}$ dalam kebuk penyalutan (Sputter model SC 500) sebelum menjalankan pemeriksaan morfologi.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Jadual 1 menunjukkan sifat mekanikal penambahan 10 % komposisi SP dalam adunan NR/HDPE dengan SP yang mengalami modifikasi berlainan. Didapati tegasan maksima pada awalnya iaitu terisi SP tanpa rawat menunjukkan nilai 5.2 MPa dan nilai ini adalah meningkat apabila SP dicuci dengan 5 % NaOH kepada 5.9 MPa. Ini menunjukkan rawatan alkali dapat memperkuat pembasahan resin matriks dalam serabut menyebabkan peningkatan dalam pengikatan antaramuka dengan menambahkan luas kawasan pengunciaan secara mekanikal (Marcovich et al. 2001). Manakala komposit yang terisi dengan SP (terawat dan diselaputi LNR) mencapai nilai optimum tegasan maksima pada dos radiasi 20 kGy iaitu 6.5 MPa, di mana meningkat sebanyak 1.3 MPa dibandingkan dengan komposit terisi SP tanpa rawatan (Rajah 1). Keputusan menunjukkan fasa LNR yang terlekat pada permukaan SP dapat bertindak sebagai agen pengserasi kepada sistem matriks di mana menggalakkan peningkatan sifat pelekatan serabut dengan matriks. Nielson pernah melaoprkkan bahawa kebanyakan sifat kekuatan tensil komposit berpengisi dapat ditingkatkan dengan menggunakan agen pelekatan (pengserasi) dengan meningkatkan sifat pelekatan dan pengikatan antaramukan serabut-matriks (Nielsen & Landel 1994). Peningkatan kekuatan tensil pada komposit berpengisi membuktikan bahawa tegasan dapat dipindahkan daripada fasa matriks kepada partikel serabut dengan berkesan. Akan tetapi, sifat tegasan maksima adalah menurun semula apabila komposit terisi dengan SP (terawat dan diselaputi LNR) pada dos radiasi yang tinggi (50 kGy). Ini disebabkan agregat mungkin telah terbentuk pada permukaan SP akibat daripada proses degradasi yang terbentuk pada lapisan LNR permukaan SP telah mempengaruhi sifat pelekatan antara serabut dengan matriks seterusnya hanya tegasan maksima yang rendah diperlukan untuk memutuskan sampel.

JADUAL 1 Kesan sifat mekanikal penambahan 10 % komposisi SP dalam adunan NR/HDPE dengan SP yang mengalami modifikasi berlainan.

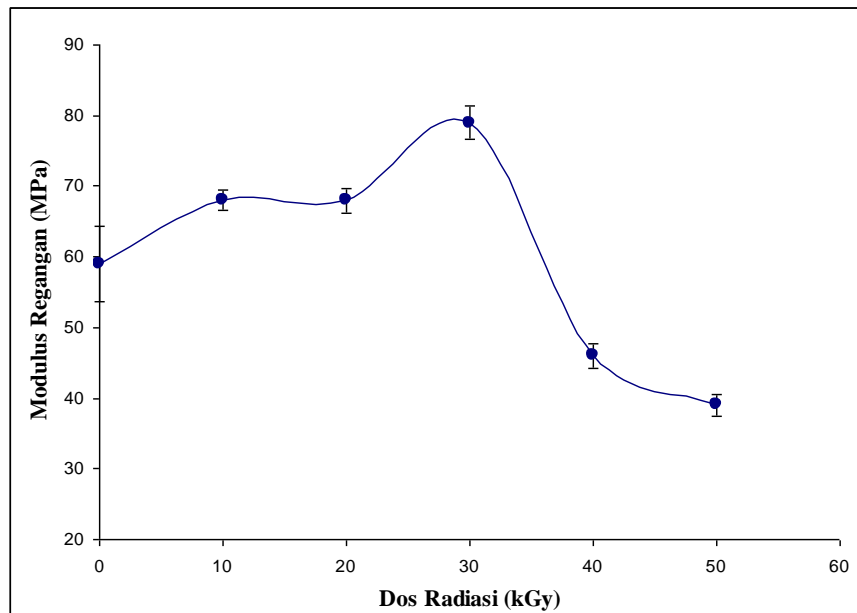
Rawatan SP	Tegasan maksima (MPa)	Modulus regangan (MPa)	Kekuatan Hentaman (kJ/m ²)
Tanpa rawatan	5.2	67	10.9
Terawatt NaOH	5.9	68	10.3
NaOH dan LNR	5.3	59	6.2
NaOH dan LNR dengan EB (10kGy)	5.5	68	10.4
NaOH dan LNR dengan EB (20kGy)	6.5	68	13.1
NaOH dan LNR dengan EB (30kGy)	5.4	79	11.2
NaOH dan LNR dengan EB (40kGy)	4.6	46	9.8
NaOH dan LNR dengan EB (50kGy)	4.4	39	5.4



RAJAH 1 Kesan dos radiasi EB pada tegasan maksima 10 % komposisi SP (terawatNaOH dan diselaputi LNR) pada dos radiasi yang berlainan.

Sifat modulus regangan pula ditunjukkan pada Rajah 2, di mana sifat modulus regangan meningkat dengan berlahan dengan peningkatan dos radiasi yang terkena pada SP (terawat dan diselaputi LNR). Nilai modulus regangan meningkat sehingga mencapai nilai optimum pada dos radiasi 30 kGy (79 MPa) dan menurun semula kepada 39 MPa pada dos radiasi 50 kGy. Komposit dengan SP tanpa terawat menunjukkan nilai modulus regangan pada 67 MPa dibandingkan dengan 68 MPa pada komposit terisi SP terawat 5 % NaOH, di mana rawatan alkali

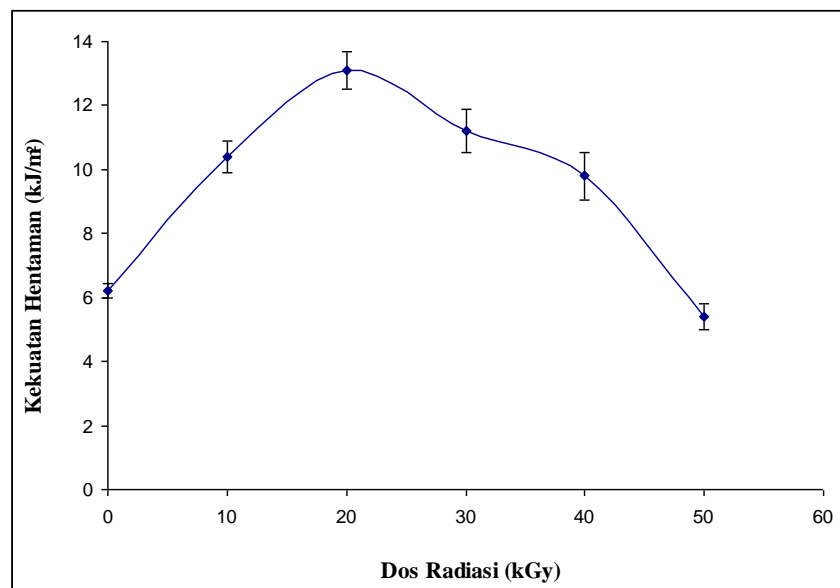
tidak menunjukkan peningkatan yang ketara dalam modulus regangan. Secara amnya, serabut yang dapat menyumbangkan sifat kekakuan yang tinggi daripada matriks dapat meningkatkan sifat modulus komposit. Peningkatan sifat modulus regangan dijangka berlaku apabila serabut yang mempunyai sifat kekakuan tinggi berinteraksi kuat dalam sistem matriks. Sekiranya sifat pelekatan antara serabut dengan matriks adalah kuat, maka nilai pemutusan pemanjangan akan menurun walaupun pada muatan beban serabut yang rendah dapat dijangkakan. Sebaliknya, sifat pelekatan antara serabut dengan matriks adalah rendah, nilai pemutusan pemanjangan akan memurun dengan ketara (Marcovich et al. 2001; Nielsen & Landel 1994). Dalam kajian ini, modulus regangan menunjukkan SP terawat dan dimodifikasi dapat memainkan peranan yang utama dalam meningkatkan sifat kekakuan komposit berpengisi. Peningkatan sifat pelekatan antara serabut-matriks melalui modifikasi dan rawatan dapat membantu menggalakkan pemindahan tegasan. Ishak juga pernah melaporkan bahawa komposit dengan 10 % serabut dengan rawatan graf-kopoli(etilena/malik anhidrida) (PE-g-MA) mempunyai sifat tensil yang lebih tinggi daripada komposit berpengisi serabut tanpa rawatan.



RAJAH 2 Kesan dos radiasi EB pada modulus regangan 10 % komposisi SP (terawatNaOH dan diselaputi LNR) pada dos radiasi yang berlainan.

Rajah 3 menunjukkan kesan dos radiasi EB pada kekuatan hentaman 10 % komposisi SP (terawatNaOH dan diselaputi LNR) pada dos radiasi yang berlainan. Secara puratanya, nilai hentaman adalah pada purata 10 kJ/m kecuali pada komposit yang terisi dengan SP tersalut LNR

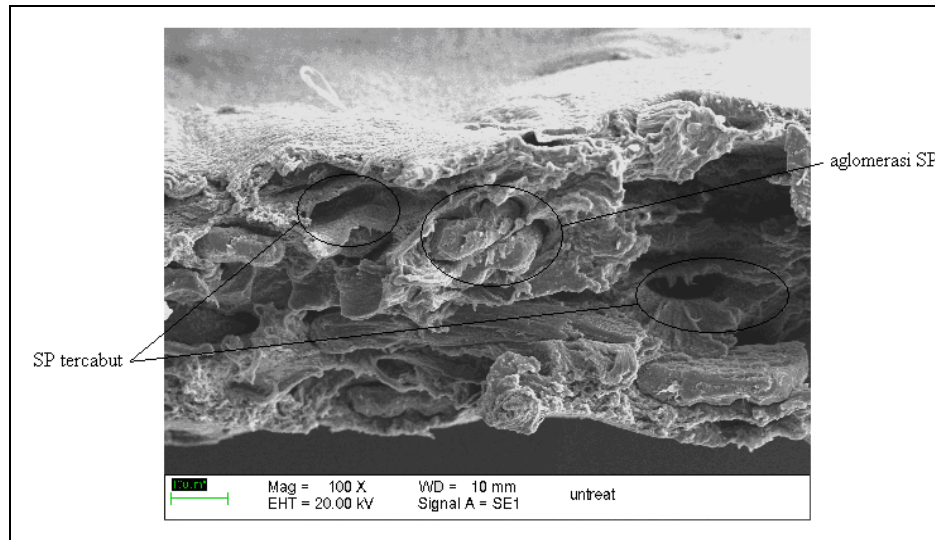
tanpa radiasi (6.2 kJ/m) dan SP tersalut LNR dengan dos radiasi 50 kGy (5.4 kJ/m). SP tersalut LNR yang terdedah kepada sinaran EB menunjukkan peningkatan kekuatan hentaman yang ketara sehingga mencapai nilai optimum pada 13.1 kJ/m (20 kGy). Ini juga telah membuktikan bahawa terdapat interaksi yang kuat antara serabut-matriks dengan SP disinari dengan EB. Peningkatan sifat pelekatan antaramuka menyebabkan proses deformasi dan daya ricihan tidak dapat berlaku dengan mudah, di mana sifat pelekatan yang sangat kuat antaramuka serabut dan matriks megurangkan daya ricihan menyebabkan komposit perlu menyerap tenaga yang lebih banyak untuk mencapai takat defomasi (Ishak & Lau 2006). Tenaga hentaman adalah tersebar pada komposit apabila kekuatan hentaman mengetuk pada takukan sampel. Jadi, kekuatan interaksi antara serabut dengan matriks merupakan faktor utama menentukan kekuatan hentaman sesuatu sampel (Ishak et al. 2005b). Jika interaksi gentian-matriks baik maka lebih tinggi kekuatan hentaman komposit (Ishak et al. 2005a).



RAJAH 3 Kesan dos radiasi EB pada kekuatan hentaman 10 % komposisi SP (terawatNaOH dan diselaputi LNR) pada dos radiasi yang berlainan.

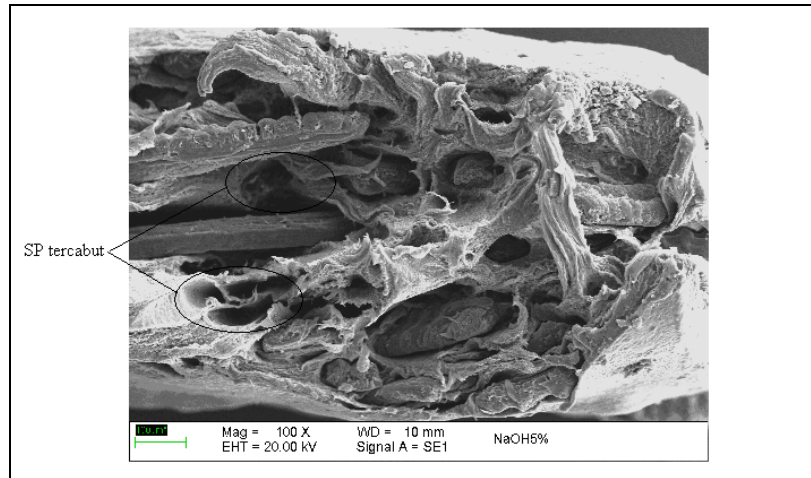
Rajah 4 menunjukkan mikrograf SEM adunan NR/HDPE/SP (10%) tanpa rawatan dengan pembesaran 100 kali ganda. Mikrograf yang diperhatikan terdiri daripada dua bahagian, di mana bahagian yang berwarna cerah adalah matriks NR/HDPE manakala partikel warna lebih gelap adalah pengisi SP. Komposit tanpa rawatan menunjukkan taburan SP yang tidak sekata di seluruh sistem serta pembentukan aglomerasi. Permukaan rakahan menunjukkan banyak ruang selepas sampel komposit ditarik keluar daripada matriks apabila tegasan dikenakan. Jadi, masalah

ketidakserasian antara pengisi-mariks akan menyebabkan kekuatan interaksi yang lemah menjurus kepada pembentukan komposit adunan dengan sifat mekanikal yang minimum.



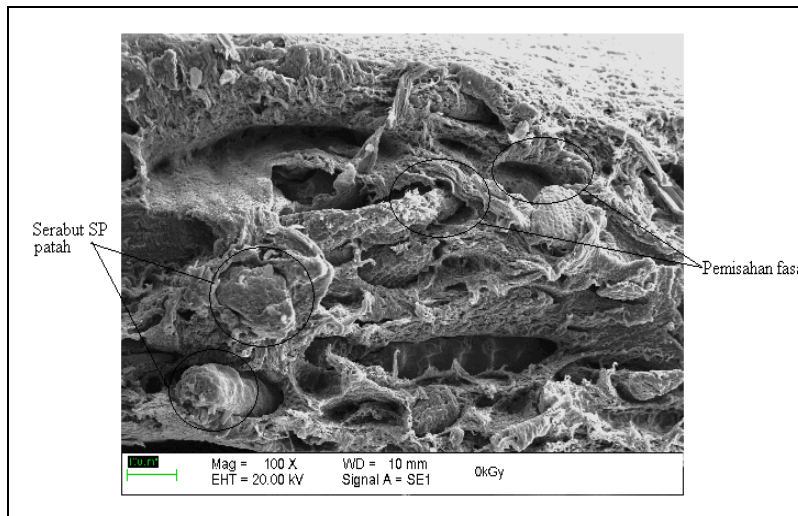
RAJAH 4 Mikrograf SEM adunan NR/HDPE/SP (10%) tanpa rawatan dengan pembesaran 100 kali ganda.

Rajah 5 menunjukkan mikrograf SEM adunan NR/HDPE/SP (10%) terawat NaOH 5% dengan pembesaran 100 kali ganda. Dapat diperhatikan SP terawat 5% NaOH memberikan serakan yang lebih seragam. Akan tetapi, masih terdapat banyak SP lubang yang menunjukkan SP adalah tercabut semasa ujian tensil. Keputusan ini juga disokong oleh sifat tegasan maksima, di mana hanya terdapat peningkatan sebanyak 0.7 MPa (13%) sahaja (Jadual 1). Rawatan NaOH tidak banyak menggalakan interaksi antara pengisi dengan matriks tapi masih ada sebahagian pengisi yang terawat dibasahi oleh matriks, di mana terdapat juga peningkatan dalam tegasan maksima. Ini disebabkan SP yang terawat NaOH dapat menyingkirkan sebahagian bahan tak tulen pada permukaan SP dengan menghasilkan permukaan yang kasar supaya dapat berikat dengan fasa matriks (Mwaikambo & Ansell 2002). Joseph dan Thomas juga melaporkan bahawa rawatan NaOH bukan sahaja dapat menyediakan permukaan serabut yang kasar malah juga dapat meningkatkan nisbah bidang dengan menyediakan luas permukaan yang lebih tinggi untuk melekat dengan matriks (Joseph et al. 1996).



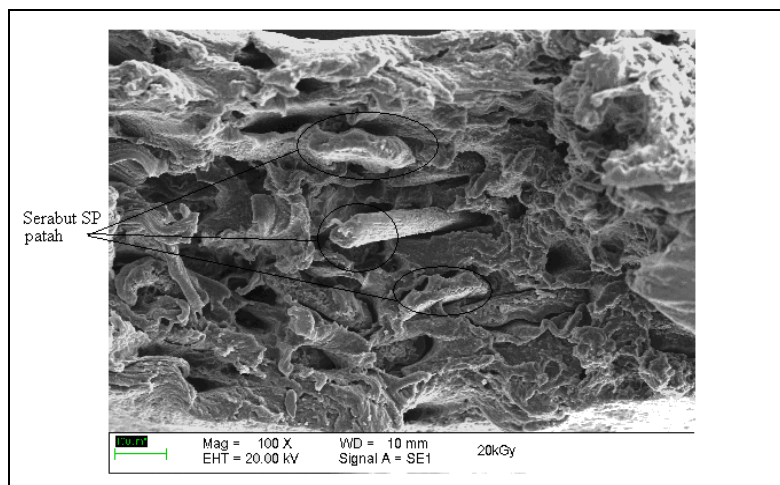
RAJAH 5 Mikrograf SEM adunan NR/HDPE/SP (10%) terawat NaOH 5% dengan pembesaran 100 kali ganda.

Rajah 6 menunjukkan mikrograf SEM adunan NR/HDPE/SP (10%) tersalut LNR (tanpa sinaran elektron beam) dengan pembesaran 100 kali ganda. Dapat diperhatikan bahawa serabut adalah putus apabila tegasan dikenakan pada sampel menunjukkan serabut dapat berlekat dengan matriks. Akan tetapi, masih terdapat ruang kosong yang terbentuk semasa ujian tensil menunjukkan kekuatan pelekatan serabut dengan matriks adalah tidak begitu kuat. Selain itu, terdapat gumpalan yang terbentuk pada permukaan SP dan dipercayai adalah terdiri daripada getah. Getah pada permukaan SP lebih cenderung berikat bersama daripada berikat dengan fasa matriks.



RAJAH 6 Mikrograf SEM adunan NR/HDPE/SP (10%) tersalut LNR (tanpa sinaran elektron beam) dengan pembesaran 100 kali ganda.

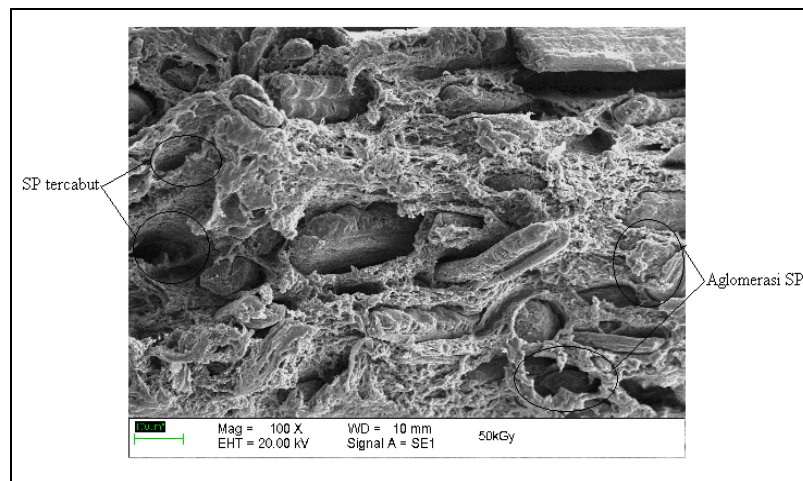
Rajah 7 menunjukkan mikrograf SEM adunan NR/HDPE/SP (10%) tersalut LNR dan dipancar alur elektron pada dos 20 kGy dengan pembesaran 100 kali ganda. Komposit dengan SP (terawat dan diselaputi LNR) pada dos 20 kGy tidak menunjukkan kesan aglomerasi pengisi pada pembebanan 10 % SP. Komposit yang dihasilkan adalah lebih homogen dibandingkan dengan SP (terawat dan diselaputi LNR) tanpa radiasi. Kesan serabut sekam padi yang tercabut keluar juga tidak kelihatan menunjukkan perawatan disertai dengan sinaran elektron beam meningkatkan interaksi pengisi-matriks. Terdapat patahan serabut diperhatikan pada mikrograf SEM, di mana interaksi antara pengisi-matriks adalah sangat kuat sehingga boleh memegang serabut dengan kukuh apabila tegasan yang kuat dikenakan semasa ujian tensil. LNR yang tersalut pada permukaan SP dapat bertindak sebagai agen pengserasi untuk melekatkan serabut-matriks dengan kuat apabila serabut yang terawat mempunyai permukaan modifikasi yang halus dan homogen. Ini disebabkan sinaran elektron beam boleh mengalakkan interaksi taut-silang berlaku pada permukaan SP supaya LNR dapat bertindak sebagai satu jambatan untuk memegang SP pada satu hujung dan satu hujung lagi untuk berikat dengan fasa matriks.



RAJAH 7 Mikrograf SEM adunan NR/HDPE/SP (10%) tersalut LNR dan dipancar alur elektron pada dos 20 kGy dengan pembesaran 100 kali ganda.

Rajah 8 menunjukkan mikrograf SEM adunan NR/HDPE/SP (10%) tersalut LNR dan dipancar alur elektron pada dos 50 kGy dengan pembesaran 100 kali ganda. Mikrograf SEM menunjukkan tahap pelekatan antaramuka SP dengan matriks adalah rendah bagi komposit dengan SP (terawat dan diselaputi LNR) pada dos 50 kGy. Ini dapat disimpulkan bahawa ketiadaan atau kekurangan pergabungan fizikal atau kimia antara kedua-dua komponenn. Taburan SP dalam komposit adalah tidak seragam dan pembentukan aglomerasi antara pengisi-pengisi berlaku.

Selain itu, pengisi adalah lebih cenderung tercabut keluar daripada sistem matriks dalam komposit yang terisi dengan SP (terawat dan diselaputi LNR) pada dos 50 kGy. Dapat juga diperhatikan, didapati satu lapisan gumpalan getah terbentuk pada permukaan SP dan gumpalan ini tidak berikat dengan fasa matriks. Ini dapat dijelaskan bahawa gumpalan getah sudah awal terbentuk semasa tersaluti LNR dan terdedah pada dos radiasi yang tinggi. Apabila lapisan nipis LNR yang tersaluti pada permukaan SP dikenakan dos radiasi yang terlampau tinggi, proses degradasi akan berlaku menyebabkan pemutusan ikatan, di mana getah akan terkeluar daripada permukaan SP. Selain itu, LNR yang tersaluti pada permukaan getah terdedah kepada dos radiasi yang tinggi juga akan menyebabkan macromolekul getah menjadi pegun dan sistem getah akan menjadi kaku serta mengurangkan sifat elastiknya (Vijayabaskar et al. 2004). Maka, LNR yang tersaluti pada permukaan SP tidak lagi dapat bertindak sebagai agen pengserasi untuk pengikatan pengisi-matriks.



RAJAH 8 Mikrograf SEM adunan NR/HDPE/SP (10%) tersalut LNR dan dipancar alur elektron pada dos 50 kGy dengan pembesaran 100 kali ganda.

KESIMPULAN

Penyediaan bahan komposit daripada NR/HDPE/SP dengan rawatan dan modifikasi yang berlainan telah berjaya dilakukan. Ujian mekanikal menunjukkan partikel yang telah terawat dan dimodifikasi bertindak sebagai gentian memperkuat dalam adunan komposit. Terdapat peningkatan dalam sifat mekanikal iaitu tegasan maksima, modulus regangan dan kekuatan hentaman apabila terisi dengan SP (terawat dan tersaluti LNR) dengan kehadiran dos radiasi terawat dan diselaputi LNR. Komposit menunjukkan sifat tegasan maksima pada dos radiasi 20 kGy iaitu 6.5 MPa manakala sifat modulus regangan pada dos 30 kGy iaitu 79 MPa. Keputusan

ini juga disokong oleh pemerhatian mikrograf komposit berpengisi. Ini menunjukkan interaksi serabut-matriks adalah lebih berkesan pada dos antara 20-30 kGy.

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Kementerian Sains Teknologi dan Inovasi (IRPA: 06-01-02-0077SF) dan Agensi Nuklear Malaysia yang memberikan sumbangan dalam projek ini serta para penyelidikan dalam kumpulan polymer research centre (PORCE).

RUJUKAN

- Ahmad, S., Ibrahim, A., Sulaiman, C. S., Kohjiya, S., and Yoon, J. R. 1994. Natural rubber-HDPE blends with liquid natural rubber as compatibilizer. I. Thermal and mechanical properties. *Journal of Applied Polymer Science* **51**: 1357-1363.
- Azizan, A., Dahlan, H. M., and Ibrahim, A. 2005. Electron beam cross-linking of NR/LLDPE blends. *Iranian Polymer Journal* **14**: 505-510.
- Bessadok, A., Marais, S., Gouanve, F., Colasse, L., Zimmerlin, I., Roudesli, S., and Metayer, M. 2007. Effect of chemical treatment of Alfa (*Stipa tenacissima*) fibres on water-sorption properties. *Composites Science and Technology* **67**: 685-697.
- Cao, Y., Shibata, S., and Fukumoto, I. 2006. Mechanical properties of biodegradable composites reinforced with bagasse fibre before and after alkali treatments. *Composites Part A* **37**: 423-429.
- Colom, X., Carrasco, F., Pages, P., and Canarate, J. 2003. Effects of different treatment on the interface of HDPE/lignocellulosic fiber composites. *Composite Science and Technology* **63**: 161-169.
- Dahlan, H. D., KhairulZaman, M. D., and Ibrahim, A. 2002. Liquid natural rubber (LNR) as a compatibiliser in NR/LLDPE blends -II: the effect of electron-beam (EB) irradiation. *Radiation Physics and Chemistry* **64**: 429-436.
- Dahlan, H. M., KhairulZaman, M. D., and Ibrahim, A. 2000. Liquid natural rubber (LNR) as compatibilizer in NR/LLDPE blends. *Journal of Applied Polymer Science* **78**: 1776-1782.

- Ibrahim, A., and Zakaria, Z. 1989. Pendepolimeran fotokimia getah asli *Sains Malaysiana* **18**: 99-109.
- Ishak, A., Din, N. A., Mohamad, A., Aziz, A. A., and Abdullah, A. 2005a. Penambahan gentian aramid (twaron)dalam adunan NR/LLDPE dan ENR/LLDPE terhadap sifat mekanik komposit. *Sains Malaysiana* **34**: 57-61.
- Ishak, A., and Lau, P. F. 2006. Effect of PE-g-MA-compatibilizer on the morphology and mechanical properties of 70/30 HDPE/ENR blends. *Polymer-Plastics Technology and Engineering* **45**: 735-739.
- Ishak, A., Norliza, A. L., and Ibrahim, A. 2005b. *Polymer Journal* **37**: 866-869.
- Ishak, Z. A. M., Aminullah, A., Ismail, H., and Rozman, H. D. 1998. Effect of silane-based coupling agents and acrylic acis based compatibilizers on mechanical properties of oil palm empty fruit bunch fiber filled high-density polyethylene composites. *Journal of Applied Polymer Science* **68**: 2189-2203.
- Joseph, K., Thomas, S., and Pavithran, C. 1996. Effect of chemical treatment on the tensile properties of short sisal fibre-reinforced polyethylene compsites. *Polymer* **37**: 5139-5149.
- Marcovich, N. E., Aranguren, M. I., and Reboredo, M. M. 2001. Modified woodflour as thermoset fillers Part I. Effect of the chemical modification and percentage of filler on the mechanical properties. *Polymer* **42**: 815-825.
- Mwaikambo, L. Y., and Ansell, M. P. 2002. Chemical modification of hemp, sisal, jute and kapok fibers by alkalization. *Journal of Applied Polymer Science* **84**: 2222-2234.
- Ndazi, B. S., Karlsson, S., Tesha, J. V., and Nyahumwa, C. W. 2007. Chemical and physical modifications of rice husks for use as composite panels. *Composites Part A* **38**: 925-935.
- Nielsen, L. E., and Landel, R. F. 1994. *Mechanical properties of polymers and composites* Marcel Dekker: New York.

- Prasad, P. N., Mark, J. E., Kandil, S. H., and Kafafi, Z. H. 1998. *Science and Technology of Polymers and Advanced Materials*. Plenum Press: New York.
- Qin, C., Soykeabkaew, N., Xiuyuan, N., and Peijs, T. 2008. The effect of fibre volume fraction and mercerization on the properties of all-cellulose composites. *Carbohydrate Polymers* **71**: 458-467.
- Rout, J., Misra, M., Tripathy, S. S., Nayak, S. K., and Mohanty, A. K. 2001. The influence of fibre treatment on the performance of coir-polyester composites. *Composites Science and Technology* **61**: 1303-1310.
- Siti, S. S., and Yusof, A. 2003. Ground rice husk as filler in rubber compounding. *Jurnal Teknologi* **39(A)**: 135-148.
- Tserki, V., Matzinos, P., Kokkou, S., and Panayiotou, C. 2005. Novel biodegradable composites based on treated lignocellulosic waste flour as filler. Part I. Surface chemical modification and characterization of waste flour. *Composites: Part A* **36**: 965-974.
- Vijayabaskar, V., Bhattacharya, S., Tikku, V. K., and Bhowmick, A. K. 2004. Electron beam initiated modification of acrylic elastomer in presence of polyfunctional monomers. *Radiation Physics and Chemistry* **71**: 1045-1058.
- Wambua, P., Ivens, J., and Verpoest, I. 2003. Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics? *Composites Science and Technology* **63**: 1259-1264.
- Wong, S., Shanks, R., and Hodzic, A. 2004. Interfacial improvements in poly(3-hydroxybutyrate)-flax fibre composites with hydrogen bonding additives. *Composite Science and Technology* **64**: 1321-1330.