

Kajian Sifat Mekanik Nanokomposit Epoksi Berpenguat Gentian Hibrid Nanotub Karbon dan Nanozarah Tanah Liat

(Mechanical Properties Study of Epoxy Nanocomposite Reinforced Hybrid Fibre Carbon Nanotubes and Nano Clay)

MOHD HAFIZUDDIN AB GHANI*, MOHD NAZRY SALLEH, RUEY SHAN CHEN, SAHRIM AHMAD, ISMAIL HANAFI, NISHATA ROYAN RAJENDRAN ROYAN & MOHD NAZRI IDRIS

ABSTRAK

Penyelidikan ini dijalankan bagi mengkaji sifat mekanik nanokomposit epoksi berpenguat gentian hibrid nano tiub karbon berbilang dinding (MWCNT) dan nanozarah tanah liat (NC). Nanokomposit berpenguat hibrid nanozarah telah disediakan melalui kaedah kacauan mekanik dan sampel dengan jumlah nanozarah berbeza dibentuk menggunakan pengacuan mampatan. Dalam ujian lenturan yang dijalankan, didapati sampel hibrid memberikan nilai kekuatan yang lebih tinggi berbanding sampel tunggal. Ujian terhadap sifat hentaman nanokomposit epoksi berpenguat gentian nanozarah menunjukkan bahawa penambahan gentian terhadap sampel tidak dapat meningkatkan sifat ketahanan daya hentaman yang dikenakan. Namun demikian, sampel yang mengandungi gentian hibrid nano merekodkan nilai daya tahan hentaman yang lebih tinggi berbanding sampel tunggal. Mikrograf pengimbas elektron (SEM) mengesahkan kesan serakan pengisi hibrid dan ikatan antara muka dalam matriks yang baik. Ini membuktikan bahawa gentian hibrid antara nanotub karbon dan nanozarah tanah liat pada kandungan komposisi tertentu dapat menambahbaik sifat mekanik bahan nanokomposit.

Kata kunci: Epoksi; nanokomposit; nanotub karbon; nanozarah tanah liat; pengisi hibrid

ABSTRACT

The study was performed to investigate the mechanical properties of epoxy nanocomposite reinforced hybrid fibre multi-wall carbon nanotubes (MWCNT) and nanoclay (NC). Nanocomposite hybrid nanoparticles were prepared by using mechanical stirrer and compression molding. From the flexural test measurements, the hybrid specimens gave higher strength than those of the other samples. The impact testing showed that the addition of nanoparticles to the sample cannot increase the samples properties. Scanning electron micrograph (SEM) shows better dispersion of hybrid filler in the matrix, that proves hybrid carbon nanotubes and nanoclay on certain amount of ratios can improve the mechanical properties of nanocomposite materials.

Keywords: Carbon nanotubes; epoxy; hybrid filler; nanoclay; nanocomposite

PENGENALAN

Kebanyakan teknologi masa kini memerlukan bahan yang mempunyai sifat yang tidak terdapat pada bahan logam, seramik atau polimer. Misalnya, bahan yang kuat, liat, ringan serta tahan terhadap kakisan, pelepasan dan hentaman diperlukan dalam struktur untuk kegunaan angkasa lepas, pengangkutan, industri dan pelbagai kegunaan lain. Sifat yang dinyatakan ini adalah istimewa memandangkan bahan yang kuat dan liat biasanya berat atau tumpat serta kurang kekuatan hentamannya. Sifat mekanik sesuatu bahan adalah sifat yang menyatakan kelakuan bahan itu di bawah suatu tindakan daya. Rangsangan yang dikenakan terhadap sesuatu bahan bergantung kepada jenis ikatan kimia dan susunan struktur atom atau molekulnya (Mustaffa 1991).

Epoksi banyak digunakan dalam pelbagai aplikasi. Pada masa kini, ia digunakan sebagai bahan salutan dan bahan pelekat untuk peranti elektronik dan sebagai bahan penguat komposit untuk bidang aeroangkasa, kapal

tentera laut dan automobil. Walaupun epoksi mempunyai ketumpatan taut silang yang tinggi, sifat kerapuhan semula jadi mendatangkan masalah dan menghadkan kelebihannya. Untuk menambahbaik ciri mekanik dan fizikal epoksi, bahan tambahan atau pengubahsuaian dengan cecair elastomer, termoplastik dan pengisi inorganik seperti serbuk nano, nanotub dan lapisan tanah liat silika (Gkikas et al. 2012; Jin & Park 2013; Wang et al. 2008).

Getah asli merupakan suatu polimer hidrokarbon linear yang terdiri daripada unit isoprene (C_5H_8). Terdapat dua jenis NR iaitu *Hevea brasiliensis* yang menghasilkan NR berstruktur kimia cis-1,4 – poliisoprena dan *Gutta percha* mengeluarkan NR struktur kimia trans-1,4 – poliisoprena. Ikatan dubel dalam NR membolehkannya divuliskan dengan sulfur. Berat molekul getah asli sangat tinggi, melebihi 10^6 dan mempunyai takat peralihan kaca T_g , di bawah paras beku iaitu antara julat -72 hingga $-65^\circ C$ (Che Som et al. 1994). Cecair getah asli (LNR) mempunyai mikrostruktur yang sama dengan

NR tetapi dengan rantai polimer (poliisoprena) yang lebih pendek, serta berat molekul (M_w) yang rendah daripada 10^5 . Sifat LNR dengan rantai pendek membenarkan banyak pengubahsuaian kimia dilakukan seterusnya memperluaskan kegunaan NR (Ibrahim et al. 1994).

Nanozarah tanah liat mengandungi susunan seperti lapisan palet silika yang berketebalan ~ 1 nm dan mempunyai nisbah aspek luas permukaan yang besar. Kajian Medellin-Rodriguez et al. (2007) menyatakan bahawa kelupasan nanokomposit tanah liat adalah bahan yang paling berguna, ini kerana ia memaksimumkan interaksi antara polimer dan juga pengisi. Walau bagaimanapun, menurut beliau lagi untuk menentukan keadaan kelupasan nanokomposit tanah liat adalah susah ekoran daripada ketakserasian intrinsik antara polimer dengan tanah liat. Namun, keadaan itu boleh diubah dengan penggunaan bahan tambah (LNR - dalam kajian ini), sekaligus meningkatkan ciri mekanik dan fizikal suatu bahan. Penambahan sifat mekanik dan sifat rintangan pada polimer telah terbukti dengan penambahan sedikit nanozarah tanah liat (Haq et al. 2008). Menurut Rhim et al. (2009) nanozarah tanah liat mempunyai pelbagai kelebihan apabila ia ditambah pada suatu bahan komposit. Antaranya penghasilan filem nanokomposit yang dibina dengan sedikit nanozarah tanah liat yang diubah secara organik menghasilkan suatu sifat antimikrob yang kuat. Selain itu, penambahan nanozarah tanah liat ke dalam matriks polimer menunjukkan sifat yang tidak dijangka termasuk mengurangkan kebolehtelapan gas, meningkatkan rintangan pelarut, kestabilan haba dan mempertingkatkan ciri-ciri kalis api (Chowdary & Kumar 2015).

Menurut Abdul Rahman (2006), nanotiub karbon adalah suatu bahan yang sangat versatil, ia merupakan satu daripada bahan yang terkuat, di samping mempunyai kekenyalan dan kekonduksian yang tinggi, saiz yang kecil tetapi stabil dan tahan lasak dalam persekitaran kimia yang ekstrem. Nanotiub karbon boleh dikategorikan kepada dua kumpulan utama berdasarkan bilangan lapisan grafit yang membentuk dinding nanotiub. Nanotiub yang mengandungi satu helaian grafit dirujuk sebagai SWNT, manakala nanotiub yang mengandungi dua atau lebih helaian grafit dikenali sebagai MWNT. SWNT secara bersendirian tidak begitu stabil kerana saiznya yang sangat kecil. Kebanyakan SWNT yang diperhatikan muncul dalam bentuk berkas, dengan SWNT diikat oleh daya van der Waals yang lemah.

Penyelidikan ini dijalankan untuk mengkaji kesan penambahan nanotiub karbon dan nanozarah tanah liat ke atas sifat mekanik nanokomposit. Antara ujian mekanik yang dijalankan termasuklah lenturan, regangan, hentaman dan morfologi bahan.

BAHAN DAN KAEDAH

Epoksi gred Epikote 828 diperoleh dari Asachem (M) Sdn. Bhd. Getah asli jenis SMR-L dengan ketumpatan 0.91 g cm^{-3} dibekalkan oleh Institut Penyelidikan Getah Malaysia (FRIM), nano tiub karbon (diameter: 10-15 nm; panjang: ~ 500 nm) dan nanozarah tanah liat (NC) jenis Nanolin DK4 telah dibekalkan oleh Zhejiang Fenghong Clays Chemicals Inc. dengan purata saiz zarah adalah ~ 1.93 nm. Cecair getah asli (LNR) disintesis menggunakan teknik pengoksidaan fotokimia terhadap getah asli (Ibrahim et al. 1994).

Penyediaan komposit adalah mengikut komposisi yang telah ditetapkan seperti yang terdapat di dalam Jadual 1. Penyediaan sampel rujukan dimulakan dengan menimbang epoksi dan LNR masing-masing sebanyak 95 dan 5%. Kedua-dua bahan berkenaan kemudiannya dituangkan ke dalam bikar. Campuran tersebut dikacau dengan menggunakan pengacau mekanik dengan putaran 500 setiap minit. Kaedah ini diulang untuk sampel 2 hingga 5 mengikut komposisi yang telah ditetapkan. Penyediaan sampel dengan kaedah ini diperlukan supaya nanozarah dapat diserakkan dengan sekata semasa proses pengadunan bahan.

Selepas proses pengadunan selesai, bentuk sampel dihasilkan untuk pencirian bahan. Dalam proses pembentukan sampel, mesin tekanan panas digunakan. Sampel dibentuk dengan menggunakan acuan mengikut ukuran piawaian ASTM tertentu. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan bentuk sampel yang diperlukan untuk uji kaji. Selepas sampel siap dibentuk, ia perlu disejukkan pada suhu bilik selama 24 jam bagi memastikan sampel kering (matang untuk diuji).

Ujian regangan juga dikenali sebagai ujian keliatan dijalankan bagi mengkaji kebolehan bahan menyerap haba semasa cangan plastik. Piawai yang digunakan merujuk kepada ASTM D 638-03. Ujian lenturan dijalankan bertujuan untuk menentukan kebolehan bahan menahan daripada membengkok apabila daya yang bersudut tegak dengan paksi membujur dikenakan. Dalam uji kaji ini, ujian '3 point flexural' dengan kelajuan

JADUAL 1. Komposisi bahan

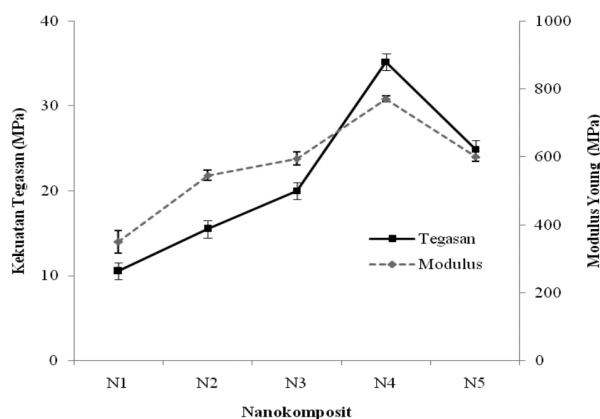
Sampel	Cecair getah asli		Pengisi (%)	
	Epoksi (%)	(%)	Nanotiub karbon	Nanozarah tanah liat
N1	95	5	0	0
N2	93	5	0	2
N3	93	5	2	0
N4	93	5	1	1
N5	91	5	2	2

5 mm/menit digunakan. Piawai yang digunakan adalah merujuk kepada ASTM D 790-03. Kedua-dua ujian regangan dan lenturan menggunakan mesin penguji (Testometric M350-10CT) yang sama. Ujian hentaman dijalankan bagi menentukan kerapuhan dan ketahanan sesuatu bahan apabila dikenakan daya secara tiba-tiba. Dalam kajian ini, ujian jenis Izod digunakan. Piawai yang digunakan merujuk kepada ASTM 256-05. Sebanyak 8 sampel daripada setiap komposisi telah diuji. Ujian morfologi dijalankan untuk memerhatikan keserasian pengadunan bahan nanokomposit serta melihat taburan pengisi di dalam matriks. Peralatan yang digunakan ialah mikroskop imbasan elektron (SEM) model Leo 1450VP. Dua sampel telah dipilih untuk dianalisis iaitu sampel tanpa kehadiran pengisi, sampel yang mengandungi 1:1 nanotub karbon dan nanozarah tanah liat.

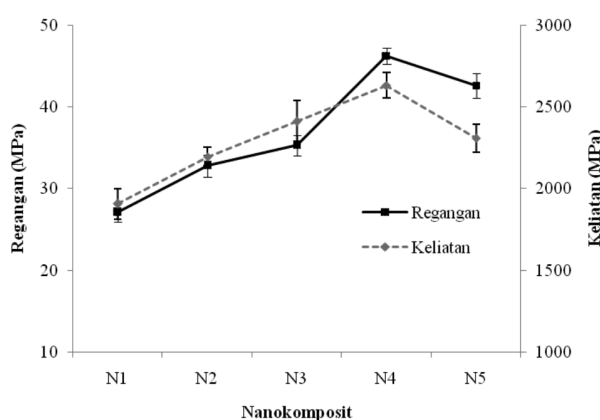
KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Rajah 1 menunjukkan kekuatan tegasan dan modulus Young bagi nanokomposit epoksi berpenguat hibrid nanozarah dengan jumlah pengisi yang berbeza (0-4%). Apabila pengisi tunggal dan hibrid ditambah kepada epoksi/LNR, kedua-dua lenturan kekuatan dan modulus lenturan didapati meningkat tetapi kemudiannya sedikit penurunan berlaku. Nilai optimum bagi ujian tegasan dicapai pada 1:1% berat hibrid pengisi (MWCNT:NC). Apabila hibrid 1:1% berat pengisi ditambah kepada epoksi/LNR, kekuatan tegasan dan modulus Young meningkat, masing-masing sebanyak 234 dan 120%, berbanding dengan sampel kawalan (epoksi/LNR). Menurut kajian terdahulu, peratusan NC (1-2%) yang rendah dapat meningkatkan sifat mekanik bahan komposit. Ini kerana nanozarah tanah liat mempunyai nisbah aspek yang tinggi sekaligus membantu merendahkan titik serapan bahan. Sampel yang mengandungi peratus kandungan berat tanah liat yang lebih tinggi menunjukkan pengurangan sifat mekanik yang berlaku boleh dikaitkan dengan pembentukan taktoid tanah liat dalam sampel komposit (Kaempfer et al. 2002). Dalam kajian ini, selain daripada cecair getah asli sebagai bahan pengukuh, nanotub karbon turut bertindak sebagai penghubung kepada matriks-pengisi nano, berlawanan dengan nanozarah tanah liat yang bertindak sebagai pemula retakan apabila suatu daya dikenakan. Oleh kerana nanozarah tanah liat mempunyai nisbah aspek yang lebih besar berbanding nanotub karbon, ia menyebabkan nanotub karbon tidak berupaya menghalang retakan daripada terus berlaku sekaligus melemahkan sifat mekanik bahan (Ayatollahi et al. 2011).

Rajah 2 menunjukkan keputusan ujian lenturan terhadap kekuatan regangan dan keliatan nanokomposit. Hasil yang diperoleh menunjukkan trend yang hampir sama dengan ujian tegasan. Apabila pengisi nanozarah ditambah ke dalam matriks, kedua-dua kekuatan regangan dan keliatan meningkat. Nilai optimum bagi ujian lenturan dicapai pada 1:1% hibrid pengisi (N4). Apabila hibrid 1:1% pengisi ditambah, kekuatan regangan dan keliatan



RAJAH 1. Kekuatan tegasan dan Modulus Young

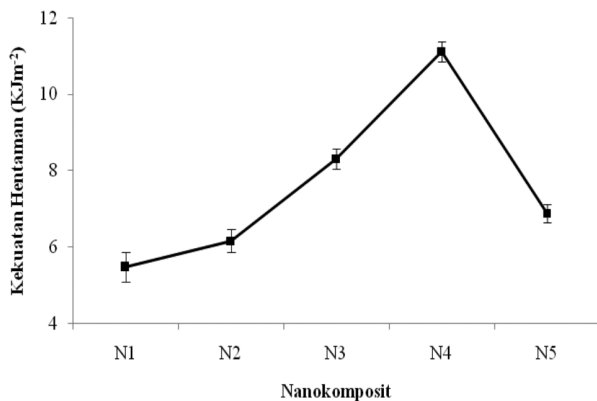


RAJAH 2. Regangan dan keliatan

meningkat masing-masing hampir sebanyak 71 dan 38%, berbanding dengan sampel kawalan. Ia menarik untuk diperhatikan apabila sedikit kandungan pengisi hibrid MWCNT/NC (1:1%) ditambah kepada epoksi/LNR, ia membantu menambahbaik sifat kekuatan regangan dan keliatan bahan nanokomposit. Hal ini mungkin berkait rapat dengan fakta bahawa modulus MWCNT adalah lebih tinggi berbanding dengan epoksi/LNR (Treacy et al. 1996). Oleh itu, apabila ia bercampur dengan matriks, interaksi yang kuat antara MWCNT/NC dan epoksi/LNR menyumbang kepada peningkatan sifat lenturan bahan. Namun demikian, sifat lenturan sesuatu bahan akan menurun dengan penambahan kandungan MWCNT sekiranya mencapai tahap maksimum. Apabila kandungan MWCNT lebih tinggi daripada jumlah yang optimum, MWCNT tidak boleh berserak dengan baik di dalam matriks dan bergumpal menjadi kelompok yang besar, sekaligus menyebabkan penurunan sifat tegasan (Jin et al. 2007). Hal ini terbukti apabila hibrid pengisi sebanyak 2:2% ditambah ke dalam matriks, terdapat sedikit penurunan dalam ujian mekanik yang dijalankan.

Kesan ujian hentaman terhadap kandungan hibrid pengisi nanozarah nanokomposit epoksi/LNR ditunjukkan

dalam Rajah 3. Sampel N4 yang berpengisi hibrid 1:1% memberikan nilai kekuatan hentaman yang optimum iaitu sebanyak 11.12 KJm^{-2} , iaitu hampir 103% lebih tinggi berbanding dengan sampel kawalan (5.48 KJm^{-2}). Sampel N5 yang mengandungi komposisi hibrid 2:2% turut merekodkan penurunan apabila ujian hentaman dijalankan (38% rendah berbanding sampel N4). Namun demikian, sampel berpengisi hibrid berkenaan mempunyai nilai hentaman yang lebih tinggi berbanding sampel kawalan. Penurunan kekuatan hentaman pada kandungan nanozarah lebih tinggi mungkin disebabkan oleh pembentukan gumpalan tanah liat dan kehadiran lompong semasa penghasilan sampel (Kord 2011). Penambahan pengisi nanozarah dalam polimer akan meningkatkan kekuatan sesuatu bahan pada takat tertentu (N4), perkara sebaliknya akan berlaku sekiranya melebihi takat optimum (N5). Ini kerana kesan daripada kepekatan tegangan menjadi penyebab berlakunya retakan seterusnya semakin besar, akhir sekali mencapai saiz retakan kritikal yang membawa kepada kegagalan (Kim et al. 2008). Penyusutan kekuatan hentaman bagi sampel N5 adalah disebabkan oleh peningkatan ketegaran akibat kehadiran nanozarah yang melebihi had optimum dalam sistem. Selain itu, kadar pembebanan yang tinggi ke atas sampel menyebabkan keberkesanan ikatan antara



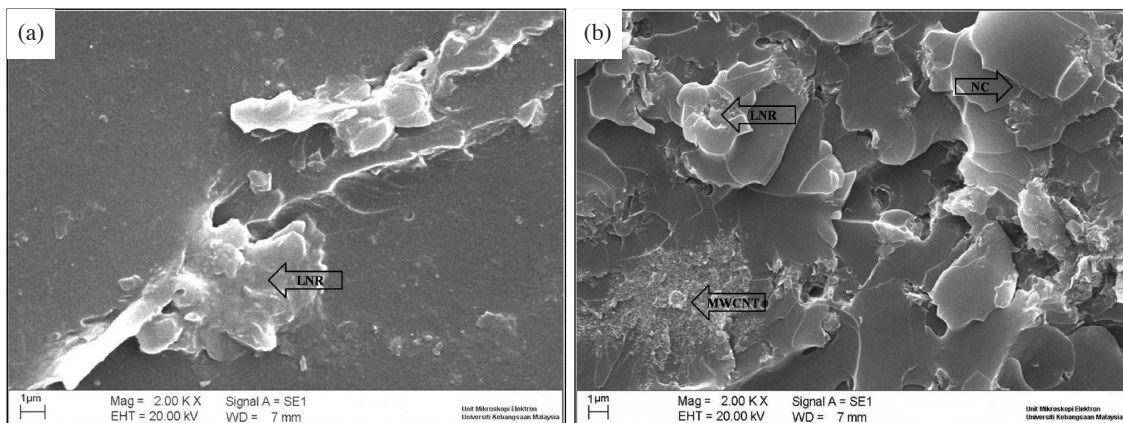
RAJAH 3. Kekuatan hentaman

fasa pada sempadan fasa adalah kritikal. Peningkatan komposisi nanozarah mengeksploitasi ketidakselarajaran mikrostruktur sistem komposit epoksi hibrid, malah pengelupasan nanozarah tanah liat menampakkan lagi fenomena ini ekoran peningkatan luas permukaan sempadan fasa (Noum et al. 2014).

Rajah 4(a) menunjukkan mikrograf SEM permukaan patah bagi sampel kawalan (N1). Morfologi tersebut mempamerkan permukaan yang heterogen terbentuk pada permukaan patah. Liang antara getah dan epoksi dalam mikrograf menjelaskan bahawa zarah getah tersebar dalam matriks epoksi. Kewujudan liang menunjukkan bahawa penambahan getah cecair bertindak sebagai ejen penguat untuk matriks epoksi. Rajah 4(b) menunjukkan ciri mikrograf bagi sampel N5. Hibrid pengisi nanozarah telah tersebar di dalam matriks epoksi. Namun demikian terdapat aglomerasi yang diperhatikan dalam mikrograf ini. Kewujudan aglomerasi menjelaskan sebaran pengisi yang tidak seragam di dalam matriks (Montazeri & Montazeri 2011).

KESIMPULAN

Dalam ujian yang dijalankan, sifat mekanik bahan nanokomposit epoksi/LNR berpengisi tunggal dan hibrid MWCNT/NC menunjukkan peningkatan berbanding sampel kawalan. Dalam pada itu, didapati sampel hibrid memberikan nilai kekuatan mekanik yang lebih tinggi berbanding sampel tanpa hibrid (tunggal). Ujian mekanik merekodkan sampel yang mengandungi nisbah peratusan hibrid 1:1% (MWCNT/NC) mencatat nilai yang paling optimum. Namun demikian, ketiga-tiga ujian mekanik yang dijalankan mengalami sedikit trend penurunan bagi sampel hibrid berkemungkinan 2:2%. Hal ini mungkin disebabkan berlakunya gumpalan nanozarah menyebabkan lekatan antara muka matriks dan pengisi menjadi lemah. Ini dapat disimpulkan bahawa gantikan hibrid antara nanotub karbon dan nanozarah tanah liat pada kandungan komposisi tertentu (dalam kajian ini, 1:1) dapat menambahkan sifat mekanik bahan berbanding sampel tanpa hibrid.



RAJAH 4. (a) Mikrograf epoksi tulen dan (b) Mikrograf hibrid nano

PENGHARGAAN

Terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia dan Kementerian Pendidikan Malaysia atas sokongan kewangan di bawah geran penyelidikan FRGS/1/2012/SG07/UKM/01/1.

RUJUKAN

- Abdul Rahman Mohamed. 2006. *Nanotub Karbon: Penemuan Sains yang Merevolusikan Nanoteknologi*. Syarahan Umum Profesor. Pulau Pinang: Universiti Sains Malaysia.
- Ayatollahi, M.R., Shadlou, S. & Shokrieh, M.M. 2011. Fracture toughness of epoxy/multi-walled carbon nanotube nano-composites under bending and shear loading conditions. *Materials & Design* 32(4): 2115-2124.
- Che Som Sulaiman, Sahrim Ahmad & Ibrahim Abdullah. 1994. Kajian adunan getah asli/polietilena berketumpatan tinggi dengan getah asli cecair sebagai pengserasi. *Sains Malaysiana* 23: 29-38.
- Chowdary, M.S. & Kumar, M.N. 2015. Effect of nanoclay on the mechanical properties of polyester and s-glass fiber (A1). *International Journal of Advanced Science and Technology* 74: 35-42.
- Gkikas, G., Barkoula, N.M. & Paipetis, A.S. 2012. Effect of dispersion conditions on the thermo-mechanical and toughness properties of multi walled carbon nanotubes-reinforced epoxy. *Composites Part B: Engineering* 43(6): 2697-2705.
- Haq, M., Burgueno, R., Mohanty, A.K. & Misra, M. 2008. Hybrid bio-based composites from blends of unsaturated polyester and soybean oil reinforced with nanoclay and natural fibers. *Composites Science and Technology* 68: 3344-3351.
- Jin, H.S., Park, Y.B. & Yoon, K.H. 2007. Rheological and mechanical properties of surface modified multi-walled carbon nanotube-filled PET composite. *Composites Science and Technology* 67: 3434-3441.
- Ibrahim Abdullah, Sahrim Ahmad & Che Som Sulaiman. 1994. Termoplastik dari adunan getah asli (NR) dan polietilena berketumpatan rendah (LLDPE). *Laporan Teknik FSFG* 4: 169-183.
- Jin, F.L. & Park, S.J. 2013. Recent advances in carbon-nanotube-based epoxy composites. *Carbon Letters* 14(1): 1-13.
- Kim, B.C., Park, S.W. & Lee, D.G. 2008. Fracture toughness of the nano-particle reinforced epoxy composite. *Composite Structures* 86: 69-77.
- Kaempfer, D., Thomann, R. & Mülhaupt, R. 2002. Melt compounding of syndiotactic polypropylene nanocomposites containing organophilic layered silicates and in situ formed core/shell nanoparticles. *Polymer* 43: 2909-2916.
- Mustaffa Haji Abdullah. 1991. *Sains Bahan*. Vol. 1. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Montazeri, A. & Montazeri, N. 2011. Viscoelastic and mechanical properties of MWNT/epoxy composites with different nanotube content. *Materials and Design* 32: 2301-2397.
- Noum, S.Y.E., Ahmad, S., Rasid, R., Hock, Y.C., Seng, L.Y. & Tarawneh, M.A.A. 2014. Preparation and characterisation of epoxidized natural rubber reinforced epoxy nanocomposites. *Sains Malaysiana* 43(8): 1231-1237.
- Rhim, J., Hong, S. & Ha, C. 2009. Tensile, water vapor barrier and antimicrobial properties of PLA/Nanoclay composites films. *LWT-Food Science and Technology* 42: 612-617.
- Treacy, M.M.J., Ebbesen, T.W. & Gibson, J.M. 1996. Exceptionally high Young's modulus observed for individual carbon nanotubes. *Nature* 381(6584): 678-680.
- Wang, W.S., Chen, H.S., Wu, Y.W., Tsai, T.Y. & Cheng-Yang, Y.W. 2008. Properties of novel epoxy/clay nanocomposites prepared with a reactive phosphorous-containing organoclay. *Polymer* 49: 4826-4836.

Mohd Hafizuddin Ab Ghani*, Mohd Nazry Salleh, Ruey Shan Chen, Sahrim Ahmad & Ismail Hanafi
 Pusat Pengajian Fizik Gunaan
 Fakulti Sains dan Teknologi
 Universiti Kebangsaan Malaysia
 43600 Bangi, Selangor Darul Ehsan
 Malaysia

Nishata Royan Rajendran Royan
 Jabatan Kejuruteraan Mekanik dan Bahan
 Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina
 Universiti Kebangsaan Malaysia
 43600 Bangi, Selangor Darul Ehsan
 Malaysia

Mohd Nazri Idris
 Pusat Pengajian Kejuruteraan Bahan dan Sumber Mineral
 Universiti Sains Malaysia, Kampus Kejuruteraan
 14300 Nibong Tebal, Pulau Pinang
 Malaysia

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: mhafizuddinabghani@gmail.com

Diserahkan: 20 April 2015
 Diterima: 20 November 2015