



Resin Composite Synthesis Reinforced with Banana Tree Fiber with Carboxylic Silica (SiO₂-COOH) Addition as a Nanofiller

Restu Damaru[✉], Adellia Novaringga, Darmansyah dan Simparmin Br. Ginting

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Jl. Prof. Dr. Soemantri Bojonegoro No.1 Bandar Lampung, Lampung, 35141, Indonesia

Info Artikel

Diterima Maret 2021

Disetujui April 2021

Dipublikasikan Mei 2021

Keywords:

Komposit Resin

Serat Gedebok Pisang

Nanofiller

Abstrak

Serat gedebok (pohon) pisang merupakan serat alam yang telah banyak diaplikasikan antara lain untuk bahan campuran pembuatan material komposit, karbon film, dan lain sebagainya. Untuk mendapatkan material komposit yang kuat diperlukan perlakuan khusus, yaitu dengan menambahkan material lain seperti nanofiller silika karboksil (SiO₂-COOH), kemudian dipadukan dengan berbagai jenis resin, sehingga material komposit berbahan dasar serat tersebut memiliki sifat yang lebih kuat dari *fibercarbon* (serat karbon), *fiberglass* (serat kaca), dan material *high strength* lainnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis resin dan konsentrasi nanofiller terhadap sifat mekanik komposit. Dalam penelitian ini, dilakukan pembuatan komposit resin berpenguat serat gedebok pisang dengan penambahan nanofiller dengan variasi yang digunakan yaitu jenis resin dan konsentrasi nanofiller. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi nanofiller yang paling baik adalah variasi dengan konsentrasi 0,05% w/v pada jenis resin vinyl ester. Dari pengujian dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa nanofiller telah terdistribusi merata di dalam matriks resin. Sedangkan pengujian kuat tarik dengan menggunakan alat uji kuat tarik *Ultimate Tensile Machine* (UTM) Chun Yen 10 kN di dapatkan nilai kuat tarik sebesar 89,57 MPa dan nilai elongasi sekitar 1,20%.

Abstract

Banana tree fiber is a natural fiber that has been widely applied to various needs, for example to a mixture of fabrication composite material, carbon film, and so on. To get a strong composite material, special treatment is required by add another material like nanofiller silica carboxyl (SiO₂-COOH), then combined with various types of resin, so that the fiber-based composite material has stronger characteristics than fiber carbon, fiberglass, and another high strength material. The purpose of this study was to determine the effect of resin type and nanofiller concentration on the mechanical properties of composites. In this research, a composite resin with banana tree fiber was reinforced with the addition of nanofillers with the variations used namely the type of resin and the concentration of the nanofiller. The best variation in nanofiller concentration is the variation with a concentration of 0.05% w/v in the type of vinyl ester resin. Scanning Electron Microscopy (SEM) shows that nanofiller morphology has been evenly distributed inside the resin matrix. While the tensile strength test using the Ultimate Tensile Machine (UTM) tensile strength test tool Chun Yen 10 kN obtained a tensile strength value of 89.57 MPa and an elongation value of about 1.20%.

Pendahuluan

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam dunia industri saat ini mengakibatkan semakin meningkatnya kebutuhan material untuk sebuah produk (Rahman & Kamiel., 2011). Resin komposit berkembang sebagai bahan tambal atau restorasi karena sifatnya yang tidak mudah larut, estetik, sukar terdehidrasi, tidak mahal, dan relatif mudah untuk dimanipulasi. Meskipun demikian, sejak diperkenalkan pada akhir tahun 1940-an dan awal 1950-an, bahan tersebut hanya dapat memenuhi sebagai persyaratan dari bahan restorasi yang estetik dan tahan lama untuk gigi anterior (Anusavice, 2004). Menurut Oroh *et al.*, (2013), komposit adalah suatu material yang terbentuk dari dua atau lebih material pembentuknya yang dikombinasi melalui campuran yang tidak homogen dan sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya sehingga kekuatan material komposit tergantung dari material pembentuknya.

Dalam kondisi dunia yang modern seperti saat ini penggunaan material komposit mulai banyak dikembangkan dalam industri manufaktur (Hartono, 2016). Tidak terkecuali pada bidang otomotif juga telah banyak memanfaatkan komposit polimer untuk membuat bermacam-macam produk. Produk atau komponen otomotif yang telah menggunakan komposit serat alam sebagai bahan filler antara lain adalah *dashboard, instrumental panel, seat back, hat rack side and door panel, spare tire lining, business table, pillar cover panel, under body protection trim, boot lining, dan headliner panel* (Suddel & Evans, 2005). Penggunaan material komposit yang ramah lingkungan dan bisa didaur ulang kembali, merupakan tuntutan teknologi saat ini. Komposisi terdiri atas *filler* (bahan pengisi) anorganik, matriks resin dan *coupling agent*. Filler anorganik berperan terhadap kekuatan komposit. Matriks digunakan untuk membentuk fisik komposit agar dapat diaplikasikan. *Coupling agent* berfungsi untuk menyatukan filler dan matriks. Penambahan komponen bahan pengisi ke dalam matriks resin secara signifikan dapat meningkatkan sifat mekanis komposit. Komposit dengan bahan serat sintetis memang terlihat lebih menjanjikan dari segi ketahanan saat diberi beban, namun tidak sejalan dengan dampak setelah pemakaian, apakah dapat di daur ulang dan menggunakan sumber terbarukan, sehingga penggunaan serat sintetis beralih ke serat alami agar lebih ramah lingkungan (Darmansyah, *et al.*, 2018).

Serat alam memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan serat sintetis, seperti beratnya lebih ringan, dapat diolah secara alami dan ramah lingkungan, merupakan bahan terbarukan, mempunyai kekuatan dan kekakuan yang relatif tinggi dan tidak menyebabkan iritasi kulit (Lokantara & Suardana, 2010). Serat alam yang memiliki potensi dapat digunakan sebagai bahan penguat dalam komposit salah satunya adalah serat yang berasal dari gedebok pisang. Selain menggunakan serat alam sebagai filler pada komposit, saat ini sudah mulai banyak dikembangkan komposit dengan nanofiller untuk meningkatkan sifat mekanik dan sifat termalnya (Peng, *et al.*, 2007). Bahan yang bisa digunakan sebagai nanofiller salah satunya adalah silika dioksida (SiO_2). Silika dioksida dapat digunakan untuk memperbaiki kerapuhan dan kelemahan sifat mekanik pada resin epoksi, yang mana sebagian besar di aplikasikan pada polimer thermosetting karena memiliki daya adhesi yang baik (Zheng, *et al.*, 2003). Nanopartikel masuk dan melemahkan bagian mikro resin untuk mengoptimalkan interaksi pada permukaan filler polimer. Peningkatan interaksi area antarmuka antara *filler* dan polimer dapat secara signifikan memperbaiki sifat mekanik dari polimer (Song, 1966). Tingginya efisiensi dari *reinforcement* atau bahan penguat tergantung dari kemampuan nanopartikel dalam mendispersi. Kemampuan partikel dalam mendispersi dapat secara efektif menaikkan sifat mekanik dari komposit dengan jumlah material pengisi atau *filler* kurang dari 5% w/v (Guo, 1998).

Pada penelitian ini akan dibuat material komposit dari jenis resin (epoksi, poliester, dan vinyl ester) yang diperkuat serat gedebok pisang dengan silika karboksil ($\text{SiO}_2\text{-COOH}$) sebagai nanofiller. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis resin dan konsentrasi nanofiller terhadap sifat mekanik komposit.

Metode

Prosedur kerja dalam penelitian ini mengacu pada penelitian Mufida, *et al.*, (2018) dan Zheng, *et al.*, (2003) dengan tahapan meliputi persiapan serat gedebok pisang dan persiapan pembuatan bahan komposit, pembuatan komposit diawali dengan mempersiapkan serat gedebok pisang dengan mencuci kemudian dijemur kurang lebih 5 hari hingga kering, serat kemudian di potong menjadi ukuran tipis dan panjang 50 cm (Mufida, *et al.*, 2018), selanjutnya siapkan macam-macam jenis resin yaitu resin epoksi, poliester, vinyl ester, dan nanofiller silika karboksil ($\text{SiO}_2\text{-COOH}$). Langkah berikutnya adalah mencampurkan antara resin dan nanofiller pada bejana pengaduk dengan variasi konsentrasi nanofiller 0,05%, 1%, dan 5% w/v resin sambil diaduk hingga homogen (Zheng, *et al.*, 2003). Setelah homogen, campuran dituangkan pada

spesimen pencetak (ASTM D638) secara perlahan hingga setengah dari tinggi cetakan, kemudian dimasukkan serat gedebok pisang dengan volume serat 25% w/v lalu dituangkan kembali resin hingga penuh dan ditunggu hingga spesimen kering. Pada penelitian ini resin epoksi tidak divariasikan dengan nanofiller dan serat gedebok pisang karena resin epoksi berperan sebagai *main control* atau standar bagi kedua jenis resin lainnya. Hasil komposit selanjutnya dianalisis dengan uji kuat tarik menggunakan *Ultimate Tensile Machine* (UTM) Chun Yen 10 kN dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

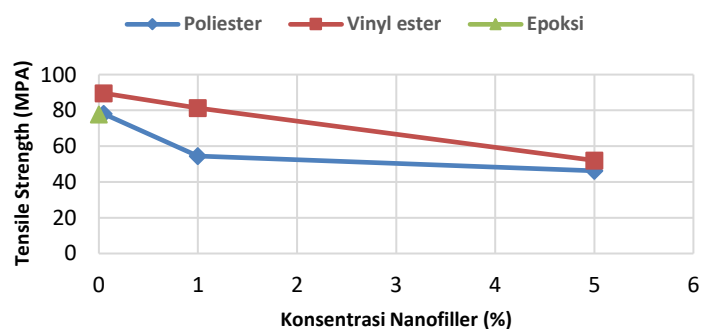
Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Kuat Tarik

Data pengujian kuat tarik komposit berpenguat serat gedebok pisang dengan penambahan silika karboksil ($\text{SiO}_2\text{-COOH}$) disajikan pada Tabel 1. Setelah dilakukan pengujian kuat tarik dengan metode *hand lay up*, diperoleh nilai untuk kuat tarik dan elongasi.

Tabel 1. Hasil uji kuat tarik komposit

Nama Sampel	Konsentrasi Nanofiller (%)	Max Load (N)	Max Strain (%)	Tensile Strength (Mpa)	Elongation (%)
Resin Epoksi	-	4662,60	3,78	77,71	3,78
	0,05	4682,40	1,44	78,04	1,44
Resin Poliester	1	3273,00	1,25	54,55	1,25
	5	2772,60	0,23	46,21	0,23
Resin Vinyl ester	0,05	5374,57	1,20	89,57	1,20
	1	4881,00	0,88	81,35	0,88
	5	3121,20	0,79	52,02	0,79



Gambar 1. Grafik hubungan kuat tarik dengan konsentrasi nanofiller

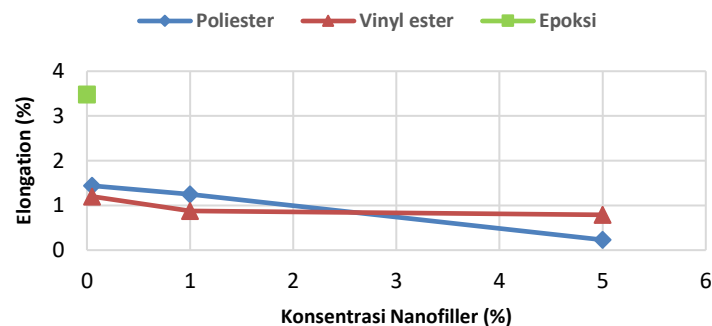
Gambar 1 memperlihatkan bahwa komposit resin yang memiliki kuat tarik paling tinggi adalah resin vinyl ester yaitu pada variasi konsentrasi nanofiller 0,05% dengan nilai tensile strength sebesar 89,57 Mpa. Ketika penambahan nanofiller dilakukan pada resin akan mengurangi jarak antara ikatan rantai karena sifat polar yang dimiliki nanofiller sehingga akan membentuk ikatan van der-waals antara rantai resin dan nanofiller (Singh, *et al.*, 2017). Serat gedebok pisang adalah lignoselulosa yaitu merupakan biomassa yang komponen utamanya terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa mengandung banyak gugus grup hidroksil, dan gugus tersebut memiliki kemampuan untuk membentuk ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen ini yang membentuk jaringan rantai-rantai dengan sangat kuat dan membentuk mikrofibril-mikrofibril dengan kekuatan yang tinggi. Kekuatan inilah yang berperan penting terhadap sifat fisik kuat tarik dari selulosa.

Nanofiller silika karboksil sendiri memiliki sifat hidropilik yang dapat menstimulasi gugus grup hidroksil sehingga dapat terjadi interaksi secara intermolekul dan intramolekular (Behnam, *et al.*, 2014). Pada proses pengadukan antara resin, silane (katalis), dan nanofiller menghasilkan panas, panas tersebut mengakibatkan terjadinya proses dehidrasi kondensasi. Proses dehidrasi kondensasi menyebabkan lepasnya molekul air dari ikatan hidrogen. Silane (katalis) kemudian berinteraksi dengan resin membentuk ikatan kimia, agar nanofiller dapat berikatan secara sempurna dengan resin sekaligus mencegah nanofiller untuk mengendap sehingga dapat berpengaruh terhadap kekuatan material komposit (Stephan, 2013).

Dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik dari komposit resin jenis epoksi yang merupakan *main control* tanpa adanya penambahan nanofiller yang besarnya 77,71 MPa sedangkan untuk jenis resin vinyl ester

besarnya 89,57 dan 81,35 MPa lebih baik bila dibandingkan dengan jenis resin poliester yang besarnya 78,04 Mpa. Nilai kuat tarik tersebut sudah memenuhi standar kuat tarik bahan komposit untuk industri di bidang otomotif seperti *dashboard*, instrumen panel, *bumper*, hingga helm. Ini membuktikan bahwa serat gedebok pisang dan nanofiller berpotensi untuk dapat digunakan sebagai material high strength pengganti dari material seperti *fiberglass* (serat kaca) yang nilai kuat tariknya >74 MPa (Phillip & Craelius, 2005). Keunggulan dari serat gedebok pisang selain memiliki kuat tarik yang tinggi, juga memiliki densitas yang lebih rendah sekitar 1,35 g/cm³ bila dibandingkan dengan serat *fiberglass* (serat kaca) yang memiliki densitas rata-rata sekitar 2,58 g/cm³. Sedangkan untuk nilai kuat tarik terendah yaitu sebesar 46,21 MPa terjadi pada jenis resin poliester dengan konsentrasi nanofiller 5%.

Kemudian dari hasil pengujian kuat tarik seperti pada Tabel 1 didapatkan nilai elongasi semakin menurun seiring bertambahnya konsentrasi nanofiller. Elongasi merupakan kemampuan suatu material untuk bertambah panjang ketika diberi beban atau daya tarik. Perbandingan elongasi dengan konsentrasi nanofiller dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan Elongasi dengan Konsentrasi Nanofiller

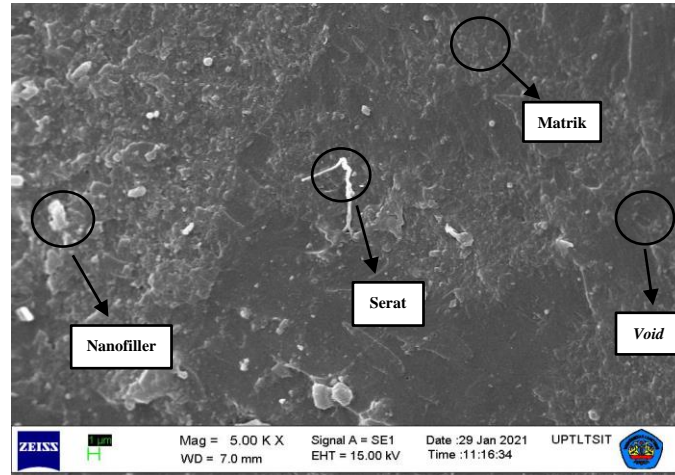
Gambar 2 memperlihatkan nilai elongasi untuk masing-masing jenis resin. Resin jenis epoksi memiliki nilai elongasi sebesar 3,48%. Kemudian untuk resin jenis poliester memiliki nilai tertinggi 1,44%, dan resin jenis vinyl ester sebesar 1,2%. Untuk nilai elongasi resin jenis epoksi dan vinyl ester sudah berada dalam range nilai karakteristik masing-masing yaitu untuk jenis resin epoksi 3-6%, dan vinyl ester 1-12%. Sedangkan untuk resin jenis poliester belum memenuhi nilai karakteristik elongasi yaitu sebesar 1,5% (Phillip & Craelius, 2005).

Hasil Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan setelah pengujian kekuatan tarik. Seperti ditampilkan pada Tabel 1, kuat tarik maksimum material komposit berada pada konsentrasi 0,05% nanofiller, dan kuat tarik semakin turun saat konsentrasi nanofiller semakin naik. Ketidakteraturan persebaran nanofiller dapat dikatakan menjadi penyebabnya. Morfologi ini dapat menggambarkan bagaimana daya ikat antara serat dan nanofiller sebagai penguat (*fiber*) dengan resin vinyl ester sebagai pengikat (matriks).

Spesimen hasil uji tarik dipotong, kemudian dijadikan spesimen pengujian SEM. Distribusi nanofiller di dalam resin komposit dapat dilihat pada Gambar 3.

Daya ikat pada komposit mempengaruhi kekuatan komposit dalam menahan beban yang diberikan. Gambar 3 menunjukkan hasil analisis morfologi dengan menggunakan SEM dari komposit resin serat gedebok pisang dengan nanofiller. Pada Gambar tersebut terlihat jelas adanya nanofiller yang terdistribusi pada permukaan komposit resin, sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit resin berpenguat serat gedebok pisang. Hal ini disebabkan ikatan antara matriks sebagai pengikat dan nanofiller dapat dikatakan masih cukup baik. Akan tetapi distribusi persebaran dari nanofiller masih tidak merata. Hal tersebut dapat dilihat dari ukuran nanofiller yang tidak seragam dan pada beberapa titik nanofiller nampak menggumpal. Terlihat juga terdapat rongga udara (*void*) di dalam material tersebut. *Void* ini dapat mempengaruhi kekuatan komposit (Darmansyah, *et al.*, 2018). *Void* yang timbul akan berpengaruh terhadap menurunnya kekuatan tarik pada komposit. Pada waktu komposit ditarik, maka bagian yang berongga menjadi tempat konsentrasi tegangan titik awal retak, sehingga kekuatannya akan menurun.



Gambar 3. Hasil analisis SEM komposit resin serat gedebok pisang-nanofiller silika karboksil dengan perbesaran 5000x

Simpulan

Dari hasil uji kuat tarik, didapatkan nilai kuat tarik tertinggi pada resin jenis vinyl ester dengan konsentrasi nanofiller 0,05% sebesar 89,57 MPa dan nilai kuat tarik paling rendah pada jenis resin poliester dengan konsentrasi nanofiller 5% sebesar 46,21 MPa. Sedangkan untuk resin jenis epoksi (*main control*) nilai kuat tariknya sebesar 77,71 MPa. Semakin bertambahnya konsentrasi nanofiller pada komposit resin berpenguat serat gedebok pisang berpengaruh pada penurunan kekuatan tarik. Jika semakin besar konsentrasi nanofiller menyebabkan penyebaran partikel semakin sulit dan tidak merata, sehingga nanofiller akan menggumpal pada satu titik. Penggumpalan terjadi disebabkan karena kurangnya gaya tarik-menarik antara molekul nanofiller dengan molekul resin. Rasio antara resin dengan katalis (silane) ternyata dapat mempengaruhi kuat tarik material komposit. Dari hasil analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM), terlihat adanya rongga udara (*void*). *Void* yang timbul akan berpengaruh terhadap menurunnya kekuatan tarik pada komposit. Pada waktu komposit ditarik, maka bagian yang berongga menjadi tempat konsentrasi tegangan titik awal retak, sehingga kekuatan tariknya akan menurun. Pada resin jenis vinyl ester dengan kuat tarik sebesar 89,57 MPa sudah memenuhi standar kuat tarik sebagai salah satu bahan alternatif pengganti fiberglass (serat kaca) yang digunakan untuk keperluan industri otomotif. Tetapi nilai kuat tarik tersebut belum mencapai standar kuat tarik dari *fibercarbon* (serat karbon).

Daftar Pustaka

- Mufida, A., Suprayogi, M.R., & Azwar, E. 2018. Analisis Reduksi Suara dan Kuat Tarik Komposit Beton Serat Gedebok Pisang Hasil delignifikasi dengan Pelarut Natrium Hidroksida (NaOH). *Jurnal Kelitbangan*, 6(2): 105-119.
- Anusavice, K.J. 2004. Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi Edisi 10. Jakarta: EGC Penerbit Buku Kedokteran, 227-261.
- ASTM D638-03, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics
- Darmansyah, Togatorop J.M., & Azwar, E. 2018. Sintesis Mekanik Komposit Epoxy Berpenguat Serat Tebu (Tinjauan Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2018 Institut Teknologi Nasional Malang*, 149-156
- Guo, W.H. 1998. Study of PMMA/SiO₂ blend system: filling of PMMA composite by nanometer SiO₂, *China Plast. Ind.*, 26(5): 10-14.
- Hartono. 2016. Pengenalan Teknik Komposit. Yogyakarta: Deepublish.
- Hosseini, S.B., Hedjazi, S., Jamalirad, L., & Sukhtesaraie, A. 2014. Effect of Nano-SiO₂ on Physical and Mechanical Properties of Fiber Reinforced Composite (FRCs). *Journal of Indian Academic Wood Science*, 11(2):116-121

- Lokantara, P. & Suardana, N.P.G. 2007, Analisis Dan Perlakuan Serat Tapis Serta Rasio Epoxy Hardener Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Tapis/Epoxy, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*, 1(1): 15-21.
- Oroh, J. 2013. Analisis Sifat Mekanik Material Komposit dari Serat Sabut Kelapa. *Skripsi tidak dipublikasikan*. Universitas Sam Ratulangi.
- Peng, Z.I.F., Berke, B.A., Zhu, Y., Lee, W.H., Chen, W., & Wu, C.F. 2007. Temperature-dependent developmental plasticity of drosophila neurons: cell-autonomous roles of membrane excitability. *Journal of Neuroscience* 27(46): 12611-12622.
- Phillips, S.L. & Craelius, W. 2005. Material Properties of Selected Prosthetic Laminates. *Journal of Prosthetics and Orthotics*, 17(1): 27-32.
- Rahman, M.B.N & Kamiel, B.P. 2011. Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Sifat-sifat Tarik Komposit Diperkuat Unidirectional Serat Tebu dengan Matrik Poliester. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 14(2): 133-138.
- Singh, S.K., Kumar, A. & Jain, A. 2017. Improving Tensile and Flexural Properties of SiO₂-epoxy Polymer *Nanocomposite Materials Today: Proceedings*, 5(2): 6339-6344.
- Song, G.J. 1996. Polymeric nano-metered composites, *Materials Reports*. 4: 57-60.
- Sprenger, S. 2013. Epoxy Resin Composites with Surface-Modified Silicon Dioxide Nanoparticles: A Review. *Journal of Applied Polymer Science*, 130(3): 1421-1428.
- Suddell, B.C. & Evans, W.J. 2005. Natural Fiber Composites in Automotive Applications. *Bookchapter in: Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*. CRC Press.
- Zheng Y., Zheng Y. & Ning R. 2003. Effect of nanoparticle SiO₂ on the performance of nanocomposites. *Materials Letters*, 57(19): 2940-2944