

Sifat Mekanis Biokomposit yang berbahan Dasar Mikrokrystalin Selulosa Serat Kapuk/Pati

Mardiyati, Steven, Raden Reza Rizkiansyah, dan Arif Basuki

Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha No. 10, Bandung

E-mail: mardiyati@material.itb.ac.id

Diterima: 24-Sep-2015 Diperbaiki: 30-Okt-2015 Disetujui: 21-Des-2015

ABSTRAK

Sifat Mekanis Biokomposit yang Berbahan Dasar Mikrokrystalin selulosa Serat Kapuk/Pati. Mikrokrystalin selulosa (MCC) merupakan salah satu bentuk rekayasa selulosa yang diperoleh melalui proses ekstraksi terhadap bagian kristalin dari selulosa. MCC memiliki sifat mekanik yang baik sehingga memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai penguat pada material biokomposit. Secara umum, mikrokrystalin selulosa didapatkan dengan melakukan hidrolisis pada selulosa yang didapatkan dari tumbuhan. Salah satu jenis tumbuhan yang menghasilkan selulosa adalah tanaman kapuk. Termoplastik pati merupakan salah satu jenis polimer yang ramah lingkungan sehingga sering dimanfaatkan sebagai salah satu bahan penyusun pada biokomposit. Pada penelitian ini, dipelajari mengenai pengaruh jumlah mikrokrystalin selulosa serat kapuk didalam biokomposit terhadap sifat mekanik dari biokomposit. Biokomposit mikrokrystalin selulosa/pati dibuat dengan menggunakan metode *solution casting*. Sifat mekanik dari biokomposit mikrokrystalin selulosa/pati diukur melalui pengujian tarik. Karakterisasi FTIR digunakan untuk memeriksa kandungan kimia pada biokomposit mikrokrystalin selulosa/pati. Pada penelitian ini, telah dilakukan pembuatan biokomposit yang berbahan dasar mikrokrystalin selulosa/pati. Dari hasil penelitian, didapatkan bahwa seiring dengan peningkatan konsentrasi mikrokrystalin selulosa, kekakuan dari biokomposit semakin tinggi. Namun, seiring dengan peningkatan konsentrasi mikrokrystalin selulosa, elongasi dari biokomposit semakin rendah. Kekuatan dan kekakuan biokomposit tertinggi yang dihasilkan adalah sebesar 7,73 MPa dan 692 MPa.

Kata kunci: biokomposit, mikrokrystalin selulosa, serat kapuk

ABSTRACT

Mechanical Properties of Microcrystalline Cellulose based-Biocoposite. *Microcrystalline cellulose (MCC) is cellulose modified which obtained by extracted crystalline region of cellulose. MCC has good mechanical properties and has a great potential to be used as reinforcement on biocomposites. Thermoplastic starch*

is environmental friendly and frequently used as matrix on biocomposites. In this research, the relationship between the concentration MCC kapuk fiber against mechanical properties of biocomposites was studied. Biocomposites MCC kapuk fibre/thermoplastic starch was made by means of solution casting method. Mechanical properties of biocomposites were measured by means of tensile testing. FTIR characterization was used to determine chemical composition of biocomposites. On this research, we can conclude that as concentration of MCC increased, the stiffness of biocomposites increasing but elongation decreasing.

Keywords: *biocomposite, microcrystalline cellulose, kapuk fiber*

PENDAHULUAN

Pada masa ini, biokomposit merupakan salah satu material yang terus dikembangkan untuk memecahkan permasalahan dunia [1]. Ketersediaan bahan bakar minyak yang terbatas, permasalahan sampah diberbagai negara, terus mendorong pemanfaatan material yang bersifat ramah lingkungan [2]. Secara umum, material biokomposit tersusun atas 2 bahan penyusun utama, yaitu bahan penguat dan bahan pengikat yang bersifat ramah lingkungan [3].

Selulosa merupakan salah satu polimer alam yang paling melimpah didunia. Ketersediaan yang melimpah, kemampuan untuk diperbaharui yang tinggi, sifat mekanik yang baik serta mudah untuk diurai oleh alam menyebabkan selulosa sering dimanfaatkan sebagai bahan penguat pada biokomposit [4,5,6]. Hingga saat ini, berbagai modifikasi selulosa terus dikembangkan sebagai bahan penguat pada biokomposit, salah satunya adalah mikrokristalin selulosa. Mikrokristalin selulosa merupakan salah satu modifikasi yang dilakukan pada selulosa untuk mengekstraksi bagian kristalin dari selulosa melalui proses hidrolisis asam [5,7]. Hingga saat ini, banyak penelitian yang dilakukan untuk mencari bahan baku potensial untuk dimanfaatkan sebagai sumber mikrokristalin selulosa [8,9,10]. Salah satu sumber yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku mikrokristalin selulosa adalah serat kapuk yang memiliki kandungan selulosa berkisar dari 35%-64% [11].

Bahan pengikat merupakan salah satu bahan yang berperan penting dalam pembuatan biokomposit. Bahan pengikat berperan sebagai penyalur beban didalam sistem biokomposit [12]. Untuk mendapatkan kualitas biokomposit yang baik, sifat antar muka antara bahan pengikat dan penguat harus baik sehingga efektifitas penyaluran beban lebih maksimal kepada bahan penguat. Pati merupakan salah satu bahan pengikat yang umum digunakan pada biokomposit. Ketersediaan yang melimpah, sifat mekanik yang baik serta baiknya sifat antar muka antara pati dan selulosa terus

mendorong pemanfaatan pati sebagai bahan pengikat pada biokomposit [13]. Didalam penelitian ini, dilakukan pembuatan biokomposit yang berpenyusun mikrokrystalin selulosa dan pati serta pengaruh penambahan mikrokrystalin selulosa serat kapuk terhadap sifat mekanik dari biokomposit yang dihasilkan.

METODOLOGI

Bahan

Serat kapuk yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari buah kapuk yang diperoleh dari wilayah Cikarang, Kabupaten Bekasi. NaOH dan asam sulfat yang digunakan dibeli dari Bratachem, Bandung. Pati yang digunakan pada penelitian ini adalah pati tapioka dengan merek Gunung Agung yang dihasilkan oleh PT. Budi Acid Jaya Tbk, Lampung, Indonesia.

Pembuatan Mikrokrystalin Selulosa Serat Kapuk

Pembuatan mikrokrystalin serat kapuk dilakukan melalui dua tahap, yaitu perlakuan alkali dan hidrolisis asam. Perlakuan alkali dilakukan dengan merendam serat kapuk didalam larutan NaOH 17,5% selama 8 jam pada temperatur 100 °C. Serat yang telah diberikan perlakuan alkali, disaring dan dikering pada udara terbuka. Serat yang dihasilkan melalui perlakuan alkali kemudian dihidrolisis dengan menggunakan asam sulfat 0,5 M selama 8 jam pada temperatur 100 °C. Kemudian hasil yang diperoleh disaring dan dikeringkan pada udara terbuka.

Pembuatan Biokomposit Mikrokrystalin Selulosa Serat Kapuk/Pati

Pembuatan biokomposit mikrokrystalin selulosa serat kapuk (MCCSK)/pati dilakukan dengan metode *solution casting*. MCCSK dengan konsentrasi 5, 10, 15 dan 20% w/w dari berat pati, dimasukkan kedalam air 200 ml dan diaduk dengan magnetik stirer selama 30 menit. Kemudian, pati dan gliserol dimasukkan ke dalam air yang berisikan MCCSK dan dipanaskan hingga temperatur 68 °C. Campuran kemudian dituangkan kedalam cetakan aluminium dan kemudian dikeringkan hingga membentuk plastik.

Karakterisasi

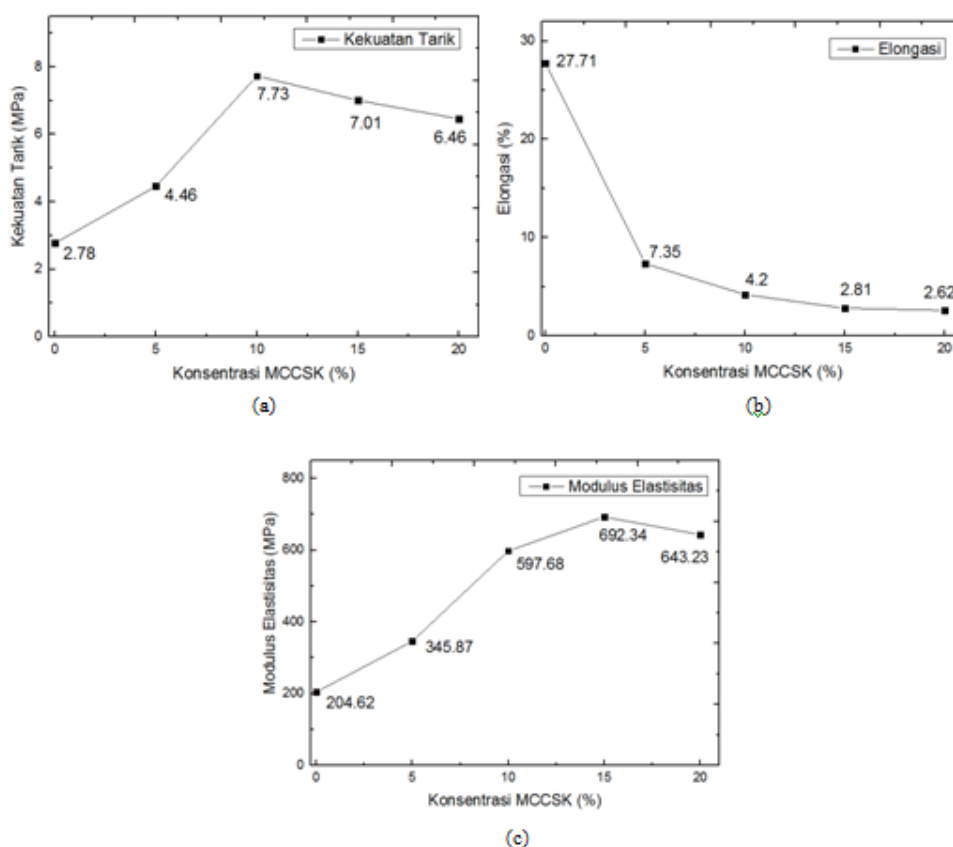
Sifat mekanik dari MCCSK/pati diuji dengan menggunakan pengujian tarik. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Teknik Produksi FTMD ITB dengan menggunakan alat Tensilon RTF 1310. Pengujian tarik yang dilakukan mengacu pada ASTM D 882-02 dengan kecepatan tarik sebesar 2 mm/menit.

Pengujian FTIR dilakukan dengan alat Shimadzu Prestidge 21 pada rentang bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} di Program Studi Teknik Kimia, FMIPA ITB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Mekanik Biokomposit MCCSK/pati

Dari hasil pengujian, diperoleh bahwa seiring dengan penambahan jumlah MCCSK dapat mempengaruhi sifat mekanik dari biokomposit MCCSK/pati. Hasil pengujian tarik dari biokomposit MCCSK/pati dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.

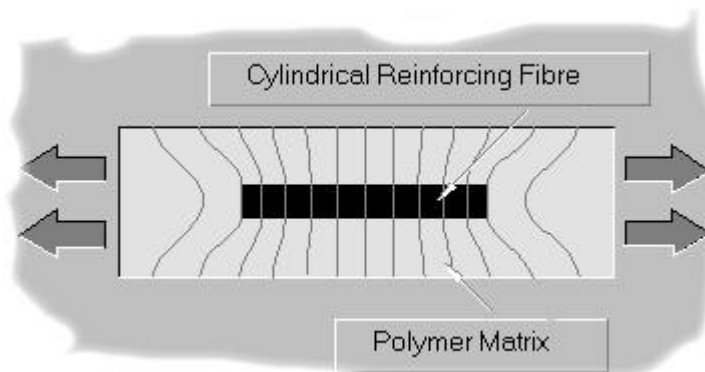


Gambar 1. Sifat mekanis biokomposit MCCSK/pati (a) kekuatan tarik, (b) elongasi, dan (c) modulus elastisitas

Tabel 1. Hasil pengujian tarik biokomposit MCCSK/pati

Konsentrasi MCCSK (% w/w)	Kekuatan Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
0	2,78	27,21	204,62
5	4,46	7,35	345,87
10	7,73	4,20	587,68
15	7,01	2,81	692,34
20	6,46	2,62	643,23

Dari hasil pengujian tarik biokomposit MCCSK/pati, dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik biokomposit tertinggi dihasilkan oleh biokomposit dengan konsentrasi MCCSK sebesar 10%. Penurunan kekuatan tarik ketika penambahan MCCSK di atas 10% diakibatkan oleh efek peningkatan kekuatan akibat penambahan MCCSK menurun apabila dibandingkan dengan penurunan kekuatan yang diakibatkan oleh jumlah void yang ditimbulkan oleh kegagalan geser yang terjadi pada ujung-ujung serat sebelum terjadinya kegagalan akibat beban tarik. Menurut literature, penggunaan serat pendek didalam komposit dapat mengakibatkan tegangan geser pada ujung-ujung serat [14-15]. Simulasi aliran tegangan pada komposit serat pendek dapat dilihat pada Gambar 2.

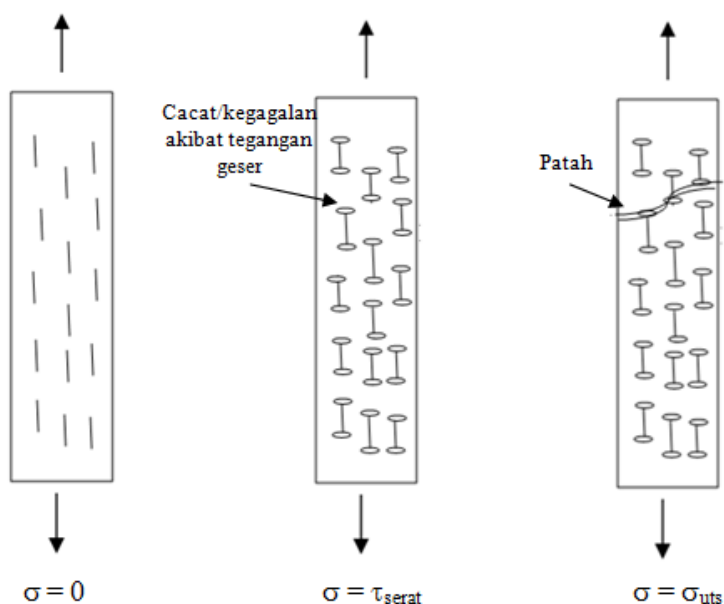


Gambar 2. Simulasi aliran tegangan pada komposit serat pendek [14]

Tegangan geser yang terjadi pada ujung-ujung serat dapat memicu terjadinya kegagalan geser sebelum terjadinya kegagalan akibat beban Tarik. Hal tersebut dikarenakan kekuatan geser dari selulosa jauh lebih rendah dibandingkan dengan kekuatannya [16-17]. Kegagalan geser pada ujung-ujung serat dapat menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan pada ujung-ujung serat dan mengakibatkan penurunan kekuatan pada biokomposit [18]. Skema pengujian tarik biokomposit dapat dilihat pada Gambar 3. Selain itu, dari hasil pengujian tarik didapatkan pula kesimpulan bahwa seiring

dengan peningkatan konsentrasi MCCSK dapat menurunkan elongasi dan meningkatkan modulus elastisitas dari biokomposit MCCSK/pati. Penurunan elongasi dan peningkatan modulus elastisitas seiring dengan peningkatan konsentrasi MCCSK diakibatkan adanya peningkatan jumlah ikatan hidrogen antara serat dan pati.

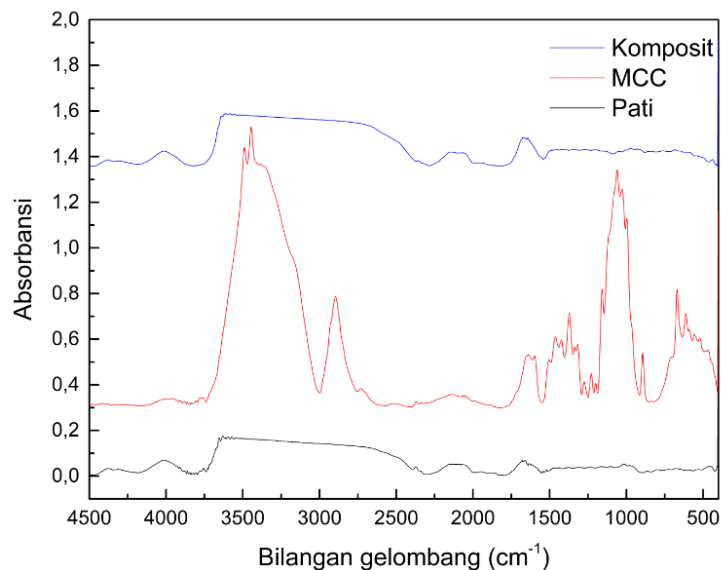
Peningkatan jumlah ikatan hidrogen yang terdapat di antara serat dan pati akan menghadang pergerakan atau pergeseran antara serat dan pati sehingga mampu menurunkan elongasi dari biokomposit seiring dengan peningkatan konsentrasi MCCSK [16-17]. Hal tersebut berbanding terbalik dengan modulus elastisitas, dimana terjadi peningkatan modulus elastisitas seiring dengan peningkatan MCCSK. Peningkatan modulus elastisitas seiring dengan peningkatan MCCSK dikarenakan terjadinya peningkatan energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan pati dan serat [16-17].



Gambar 3. Skema pengujian tarik biokomposit MCCSK/pati

Karakterisasi FTIR

Hasil pengujian karakterisasi FTIR bioplastik pati, MCCSK, dan biokomposit MCCSK/pati dapat dilihat pada Gambar 4. Kurva ini digunakan untuk menjelaskan kompatibilitas antara pati dan MCCSK. Kompatibilitas dari MCCSK dan termoplastik pati dapat dijelaskan melalui pergeseran bilangan gelombang dari biokomposit MCCSK/pati apabila dibandingkan dengan bilangan gelombang pada termoplastik pati dan MCCSK [19]. Perubahan bilangan gelombang dari biokomposit beserta keterangannya dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 4. Kurva FTIR pati, mikrokrystalin selulosa, serta bokomposit MCCSK/pati

Tabel 2. Perubahan daerah *fingerprnt* biokomposit dibandingkan dengan pati dan MCCSK

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			
Pati	Biokomposit	MCCSK	Keterangan
840	864	893	D-glukopironase
-	1203	1199	C-O-C bending
1236	1267	1278	C-C-O stretching

Pada bilangan gelombang di sekitar 800 cm⁻¹, terlihat bahwa biokomposit memiliki bilangan gelombang 864 cm⁻¹, hal tersebut menunjukkan bahwa pergerakan α -D-glukopironase (840 cm⁻¹) yang dimiliki oleh pati dan pergerakan β -D-glukopironase (893 cm⁻¹) saling mempengaruhi sehingga biokomposit memiliki pergerakan tersendiri yang tidak menyerupai pati maupun MCCSK.

Bilangan gelombang di sekitar 1200 cm⁻¹ menunjukkan spektra C-O-C bending. Struktur C-O-C bending umumnya dimiliki oleh MCCSK yang memiliki struktur rantai linear. Pada pati, C-O-C bending tidak terjadi, hal tersebut dikarenakan struktur rantai pati yang berbentuk spiral sehingga tidak memungkinkan terjadinya pergerakan C-O-C bending. Pada biokomposit, struktur C-O-C bending terjadi namun dengan bilangan gelombang yang lebih besar. Hal tersebut menunjukkan bahwa dibutuhkan energi yang lebih besar untuk melakukan pergerakan bending pada struktur C-O-C. Bertambahnya energi yang dibutuhkan oleh biokomposit untuk melakukan pergerakan C-O-C bending dikarenakan ikatan hydrogen yang terjadi antara pati dan MCCSK yang menghalangi pergerakan C-O-C bending. Hal tersebut

membuktikan bahwa didalam biokomposit, MCCSK dan pati saling berinteraksi dan memiliki kompatibilitas yang baik [17]. Kompatibilitas yang baik antara pati dan selulosa didukung dari peningkatan sifat mekanik biokomposit seiring dengan peningkatan jumlah MCCSK yang ditambahkan seperti yang telah dibahas diatas.

KESIMPULAN

Kekuatan tarik maksimum dari biokomposit dihasilkan oleh biokomposit dengan konsentrasi MCCSK sebesar 10%. Peningkatan konsentrasi MCCSK pada biokomposit pati dapat menurunkan elongasi dan meningkatkan modulus elastisitas dari biokomposit MCCSK/pati.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dihanturkan kepada IA-ITB atas dana penelitian yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Kuciel S, Kuzniar P, Liber-Knec A. Polymer biocomposites with renewable sources. *Arch Foundry Eng* 2010;10(3):53-6.
- [2]. Sahari J, Sapuan SM. Natural Fibre Reinforced Biodegradable Polymer Composites. *Rev Adv Mater Sci* 2011;30:166-74.
- [3]. Averous L, Digabel FL. Properties of Biocomposites based on lignocellulosic fillers. *Carbohydr Polym* 2006;66(4):480-93.
- [4]. Drzal LT, Mohanty AK, Misra M. Bio-composites Materials as Alternatives to Petroleum Based Composites for Automotive Application. *Polym. Chem. ACS Chicago*, Fall 2001.
- [5]. Kaila S, Dufresne A, Cheria BM, Kaith BS, Averous L, Njuguna J, Nassiopoulos E. Cellulose Based Bio and Nanocomposite: A Review. *Int J Polym Sci* 2011;2011:ID 837875.
- [6]. Siqueira G, Bras J, Dufrense A. Cellulosic bionanocomposites: A Review of preparation, properties, and application. *Polymer* 2010;2: 728-65.
- [7]. Eichhorn SJ, Dufresne A, Aranguren M, Marcovich NE, Capadona JR, Rowan SJ, Weder C, Thielemans W, Roman M, Rennecar S, Gindl W, Veigel S, Keckes J, Yano H, Abe K, Nogi M, Nakagaito AN, Mangalam A, Simonsen J, Benight AS, Bismarck A, Berglund LA, Peijs T. Review: Current international research into cellulose nanofibre

- and nanocomposites. *J Mater Sci* 2010;45:1-33.
- [8]. Sinclair R. *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*. Cambridge: Elsevier; 2015.
- [9]. Mohamad Haafiz MK, Eichorn SJ, Hassan A, Jawaid M. Isolation and characterization of microcrystalline cellulose from oil palm biomass residue. *Carbohydr Polym* 2013;93:628-34.
- [10]. Jahan, M. S., Saeed, A., He, Z., & Ni, Y. Jute as raw material for the preparation of microcrystalline cellulose. *Cellulose* 2011;18:451-9.
- [11]. Chauhan YP, Sapkal RS, Sapkal VS, Zamre GS. Microcrystalline cellulose from cotton rags (Waste from Garment and Hosiery Industries). *Int J Chem Sci* 2019;7(2):681-8.
- [12]. Hermawan J. *General Introduction to Polymeric Materials*. Diklat Kuliah Material Teknik. ITB. Bandung. 2012;5-6.
- [13]. Wittaya T. Microcomposites of rice starch film reinforced with microcrystalline from cellulose from palm pressed fibre. *Int Food Res J* 2009;16:493-500.
- [14]. Clyne B, Tanovic B. *Mechanics of Composites Materials*. Materials Science on CD-ROM User Guide Version 2.1.
- [15]. Hull D, T.W. Clyne. *An Introduction to Composite Materials*. Cambridge University Press 1996.
- [16]. Kaila S, Kaith BS, Kaith I. *Cellulose Fibers: Bio- and Nano- Polymer Composites: Green Chemistry and Technology*. 2011.
- [17]. Rizkiansyah RR. *Ekstraksi Mikrokrystalin Selulosa dari Bambu Apus (*Gigantochloa apus*) dan Pemanfaatannya Sebagai Penguat pada Biokomposit Pati Tapioka/MCC2014*.
- [18]. Bui HD. *Fracture Mechanics*. Springer: 2006. ISBN-13:978-1-4020-4837-1.
- [19]. Ramirez MGL, Guzman AJB, Enriquez SG, Prado JJR, Gonzales RM. Chemical and Mechanical Evaluation of Bio-composites Based on Thermoplastic Strach and Wood Particles Prepared by Thermal Compression. *BioResources* 2014;9(2):2960-74.