

PENGOLAHAN ABU BOILER KELAPA SAWIT MENJADI NANO PARTIKEL SEBAGAI BAHAN PENGISI TERMOPLASTIK HDPE

Eva Marlina Ginting^{1*}, Basuki Wirjosentono², Nurdin Bukit¹, dan Harry Agusnar²

¹Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Medan

Jl. Wiliem Iskandar Pasar V Medan Estate, Medan

²Kimia, FMIPA, Universitas Sumatera Utara

Jl. Bioteknologi No. 1 Kampus USU, Medan 20155

*E-mail: evamarlina67@yahoo.com

Diterima: 6 November 2014

Diperbaiki: 1 Mei 2015

Disetujui: 25 Mei 2015

ABSTRAK

PENGOLAHAN ABU BOILER KELAPA SAWIT MENJADI NANO PARTIKEL SEBAGAI BAHAN PENGISI TERMOPLASTIK HDPE. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan ukuran partikel abu boiler kelapa sawit (ABKS) dan sifat mekanis nanokomposit. ABKS dihaluskan dengan *ball mill* PM 200 selama 1 jam, disaring dengan ayakan 200 mesh (74 μm), dilarutkan dengan NaOH 2,5M selama 4 jam, kemudian di *ball mill* selama 15 jam untuk mendapatkan nanopartikel. Hasil analisa XRD dan SEM-EDX terhadap hasil *ball mill* menunjukkan ukuran rata-rata partikel adalah 100 nm dengan kandungan SiO_2 45,55 % dan Fe_2O_3 10,53%. Hasil *ball mill* ABKS dicampur dengan HDPE dengan dan tanpa kompatibiliser PE-g-MA dengan variasi komposisi (2,4,6,8,10) %berat. Pencampuran dilakukan menggunakan *internal mixer laboplastomil* pada suhu 150 $^\circ\text{C}$ dengan laju 60 rpm selama 10 menit. Kekuatan tarik dan perpanjangan putus nanokomposit HDPE berpengisi ABKS meningkat dengan bertambahnya konsentrasi ABKS. Sifat mekanis nanokomposit dengan kompatibiliser lebih kecil dibanding dengan tanpa kompatibiliser.

Kata Kunci: abu boiler kelapa sawit, PE-g-MA, HDPE, nanokomposit polimer

ABSTRACT

PROCESSING OF NANOPARTICLE PALM OIL BOILER ASH AS THE FILLER IN THERMOPLASTIC HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE). The purpose of this research was to create nanoparticle palm oil boiler ash (ABKS) and characterize mechanical properties of resulting nanocomposites. ABKS was refined by ball mill PM 200 for 1 hour, filtered with a sieve size of 200 mesh (74 μm), dissolved in 2.5M NaOH for 4 hours, and then ball milled for 15 hours to get nanosize particles. The obtained particles were characterized by XRD and SEM-EDX. The results show that average size 100 nm. dengan SiO_2 content of 45.55% and Fe_2O_3 10.53%. The resulted ABKS was used as a filler in thermoplastic HDPE with and without compatibilizer with variations of composition (2,4,6,8,10) wt%. The mixing process was conducted using internal mixer at 150 $^\circ\text{C}$, under 60 rpm, for 10 minutes. The tensile strength and elongation at break of nanocomposites increase with increasing concentration of ABKS. Mechanical properties of nanocomposites with compatibilizer are smaller than that of without compatibilizer.

Keywords: palm oil boiler ash, PE-g-MA, HDPE, polymer nanocomposites

PENDAHULUAN

Propinsi Sumatera Utara dikenal sebagai salah satu simpul utama untuk investasi di Indonesia dengan sumber daya alamnya yang banyak, antara lain karet alam, kelapa sawit, minyak bumi, mineral, dan bahan tambang. Salah satu limbah kelapa sawit adalah abu kerak boiler cangkang kelapa sawit (ABKS). Malaysia, Indonesia dan Thailand adalah negara utama produsen minyak sawit, yang mempunyai ciri khas tanaman pertanian terkemuka di negara tropis [1]. Disamping itu ABKS telah mengalami proses penggilingan pada proses pembakaran cangkang dan serat buah pada suhu 500 – 700 °C pada dapur tungku boiler yang dimanfaatkan sebagai bahan pengisi filer yang mengandung 31,45% silika (SiO_2) dan 15,2 % kapur (CaO). Pembakaran cangkang dan serat buah menghasilkan kerak yang keras berwarna putih keabuan akibat pembakaran dengan suhu tinggi dengan kandungan silika 49,2% [2].

Beberapa hasil penelitian menyimpulkan bahwa ukuran partikel bahan pengisi mempengaruhi kompatibilitas antara pengisi dengan matriks polimernya. Makin kecil ukuran partikel pengisi, makin tinggi ikatan antara bahan pengisi dengan matriks polimer [3,4]. Jumlah luas permukaan dapat ditingkatkan dengan adanya permukaan yang berpori pada permukaan bahan pengisi. Selain itu, penambahan nanopartikel sebagai pengisi dapat meningkatkan sifat mekanis dan termal komposit [5], seperti yang sudah pernah dilaporkan tentang penambahan nano bentonit, nano CaCO_3 , dan nano karbon pada HDPE [6-8].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengolah ABKS menjadi nanopartikel dan mengkarakterisasi kandungan senyawa dan unsur serta morfologinya. Selain itu, nanopartikel yang dihasilkan digunakan sebagai bahan pengisi pada termoplastik HDPE dan diuji sifat mekanisnya.

BAHAN DAN METODE

Bahan

High density polyethylene (HDPE) diproduksi oleh PT Titan Petrokimia Nusantara Indonesia. PE-g-MA buatan Sigma Aldrich (No. 9006-26-2). HCl dan NaOH produksi Merck KgaA 64271 Darmstadt Germany. ABKS diperoleh dari pabrik kelapa sawit di Sumatera Utara.

Proses Pemurnian dan Pembuatan Nanopartikel ABKS

ABKS diproses dengan mesin *ball mill* selama 1 jam (selanjutnya disebut proses A). Hasil proses A disaring dengan ayakan ukuran 200 mesh (74 μm). ABKS dicampur dan dilarutkan dengan NaOH 2,5 M selama 4 jam sambil diaduk dengan magnetik stirer. Kemudian ABKS disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan aquades. ABKS dipanaskan dengan oven pada suhu 100⁰ C selama 2 jam, lalu dimasukkan dalam Planetary Ball Mill P 200 selama 15 jam dengan laju 450 rpm, sesuai dengan metoda [7,9] sehingga diperoleh ABKS dalam ukuran nanometer (selanjutnya disebut proses B).

Pembuatan Nanokomposit

Pembuatan nanokomposit dilakukan dalam *internal mixer laboplastomil* dengan volume *chamber* 50 cc dan pengisian 70 % atau setara dengan 40 gr. Pencampuran dilakukan pada 150 °C dengan kecepatan rotor 60 rpm selama 10 menit. HDPE dicampur dengan pengisi ABKS pada beberapa komposisi campuran, yaitu 2, 4, 6, 8, dan 10% (w/w) dengan *compatibilizer* dan tanpa *compatibilizer* PE-g-MA. Komposisi campuran mengikuti metode yang telah dipublikasikan sebelumnya [5,6,10,11]. Selanjutnya nanokomposit dicetak dengan alat cetak tekan panas dan tekan dingin, lalu sampel dikarakterisasi.

Karakterisasi ABKS dan Nanokomposit ABKS-HDPE

Karakterisasi morfologi ABKS setelah proses A dan proses B menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) Model Zeiss. Analisa komposisi ABKS dilakukan menggunakan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS) dengan *multi channel analyzer* (MCA) (detektor Xflash buatan Bruker).

Sifat mekanis nanokomposit ABKS-HDPE diuji menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) stograph R-1 merek Toyoseki (Jepang). Pengujian dilakukan menggunakan standar JIS K 6781 dengan kecepatan penarikan sebesar 50 mm/menit, pada suhu kamar. Karakterisasi XRD menggunakan Shimadzu 6100 (40 kV, 30 mA) dengan laju 2°/menit pada rentang sudut $2\theta = 5^\circ\text{--}70^\circ$. Pengujian XRD dilakukan pada suhu ruang dan menggunakan nikel untuk menyaring radiasi $\text{CuK}\alpha$. Ukuran kristalit sampel dihitung berdasarkan analisis metode Scherrer dari pola difraksi sinar X.

$$D = \frac{K\lambda}{Br \cos \theta} \quad (1)$$

dengan Br, K, λ dan D, berturut-turut adalah lebar setengah puncak (FWHM) dalam radian, konstanta Scherrer (0,9), panjang gelombang sinar-X (1,5406 Å), dan diameter kristalit (nm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi dan Komposisi ABKS

Gambar 1a-c memperlihatkan morfologi ABKS dalam ukuran mikro dan nano. Pada morfologi tersebut terlihat perubahan ukuran partikel dari mikro menjadi nano. Tabel 1 menunjukkan hasil uji EDS dari ABKS setelah proses A (ball mill selama 1 jam) dan proses B (dilarutkan dengan NaOH

dan ball mill selama 15 jam). Terlihat di tabel tersebut bahwa terjadi peningkatan kandungan senyawa Fe_2O_3 hampir 4%. Demikian juga kandungan K_2O meningkat lebih dua kalinya setelah proses B.

Tabel 1. Hasil uji EDS ABKS

Senyawa	Komposisi A (%wt)	Komposisi B (%wt)
SiO_2	45,64	45,55
Fe_2O_3	6,52	10,53
Na_2O	10,25	8,50
K_2O	8,65	19,82
CaO	9,28	8,05
Al_2O_3	6,74	7,64
MgO	5,13	4,38
P_2O_5	4,78	3,98
Cr_2O_3	0,04	0,82
SO_3	1,10	0,69
TiO_2	0,55	0,51
Cl	0,44	0,44
MnO	0,38	0,32
Rb_2O	0,08	
CuO	0,07	
Nd_2O_3		0,07

Catatan:

Komposisi A adalah ABKS setelah proses ball mill selama 1 jam.

Komposisi B adalah ABKS setelah dilarutkan dengan NaOH dan proses ball mill selama 15 jam.

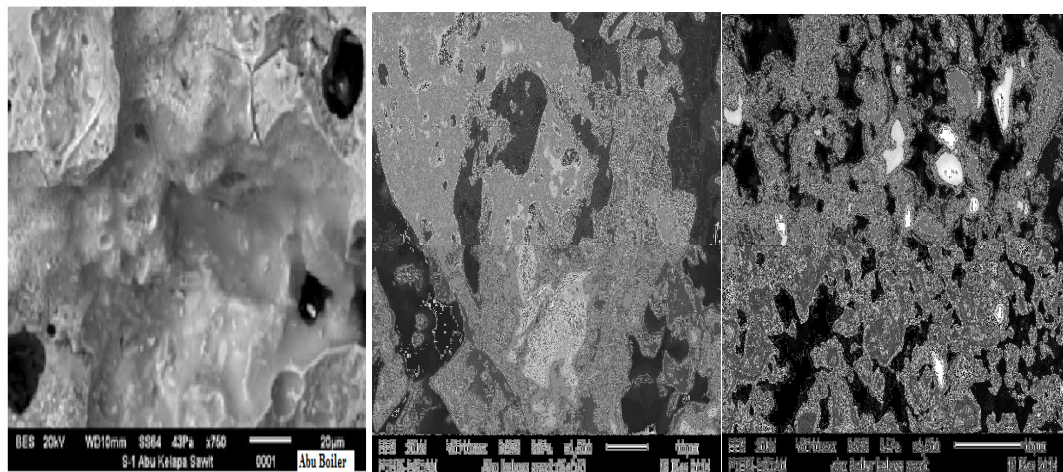
Gambar 2 memperlihatkan perbedaan puncak maksimum antara ABKS murni dengan ABKS setelah proses B. Hasil analisa XRD menunjukkan tidak terjadi perubahan struktur amorf dari ABKS setelah proses B. Perbedaan terlihat pada intensitas puncak maksimum ABKS setelah proses B pada sudut $2\theta = 26,55^\circ$ lebih tinggi (702) dibandingkan puncak maksimum ABKS murni pada sudut $2\theta = 26,56^\circ$ (230). Selain itu juga terjadi penurunan nilai FWHM dari 0,21530 pada ABKS murni menjadi 0,15680 pada ABKS setelah proses B. Perubahan FWHM ini menunjukkan partikel ABKS semakin kecil. Dengan menggunakan persamaan Scherrer, diperoleh rata-rata ukuran partikel sekitar 100 nm. Analisa lebih lanjut hasil XRD menggunakan program

Maath menghasilkan ABKS memiliki jenis kristal *cristobalite* dengan grup ruang P 41 21 2 (92) sistem kristal tetragonal. Kerapatannya $2,30 \text{ g/cm}^3$ dengan intensitas puncak maksimum pada d_{hkl} 2,0,2 dan jarak spasi $4,0561 \text{ \AA}$.

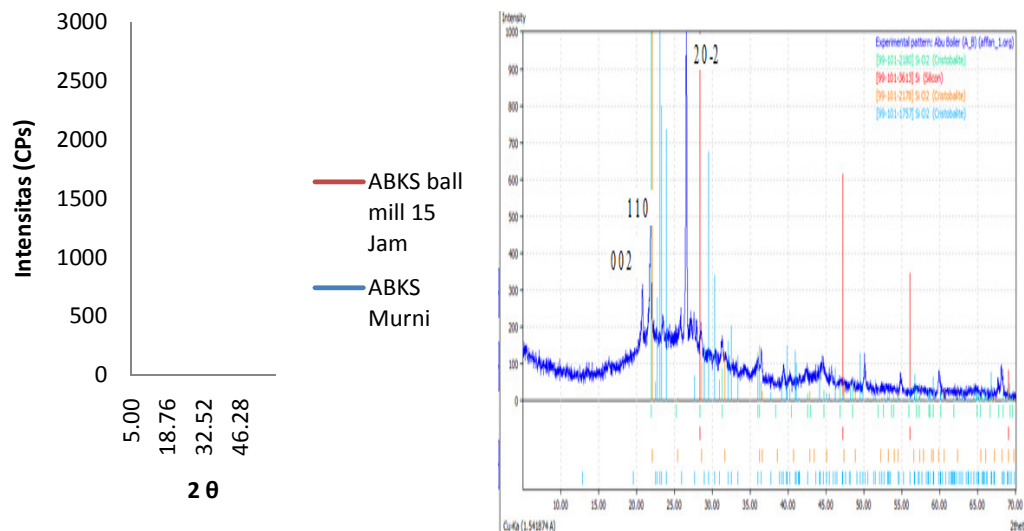
Pada Gambar 3 terlihat bahwa kekuatan tarik nanokomposit dengan penambahan ABKS 2-10 % lebih tinggi dari HDPE murni (ABKS 0 %). Penambahan ABKS 2-6 % menambah kekuatan tarik nanokomposit karena adanya peningkatan ikatan kovalen

dan hidrogen dengan grup OH dan oksigen dari grup karboksil yang masing-masing menambah ikatan antara pengisi dengan matrik termoplastik HDPE. Fenomena ini sesuai dengan penelitian sebelumnya [11].

Penambahan ABKS 8 dan 10 % menghasilkan kekuatan tarik nanokomposit lebih rendah dari ABKS 6%. Hal ini disebabkan karena makin banyaknya kandungan silika yang berakibat pada penurunan kekuatan tarik, seperti yang pernah dilaporkan sebelumnya [12,13].

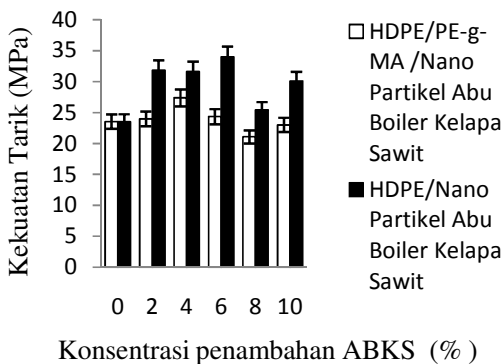


Gambar 1. Morfologi permukaan a) ABKS, b) ABKS setelah proses A, c) ABKS setelah proses B

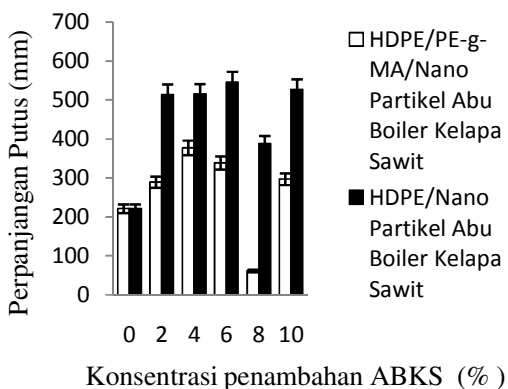


Gambar 2. Pola difraksi abu boiler kelapa sawit

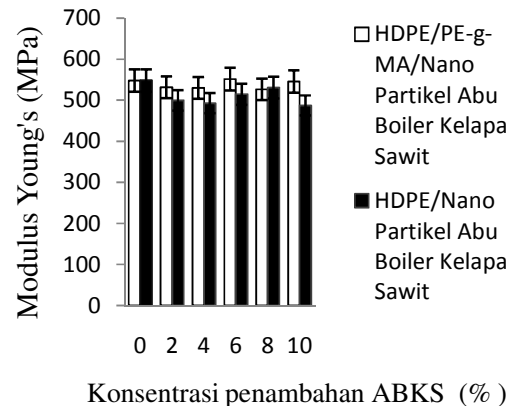
Gambar 4 memperlihatkan perpanjangan putus nanokomposit dengan penambahan nano ABKS 2-10 %wt. Secara umum terlihat campuran nano ABKS tanpa *compatibilizer* memiliki sifat mekanis lebih tinggi dibanding dengan menggunakan *compatibilizer*. Peningkatan sifat mekanis tergantung pada banyaknya faktor termasuk aspek rasio dari bahan pengisi, derajat dispersi dan orientasi dalam matriks, dan adesi pada *interface* matriks dengan bahan pengisi [14].



Gambar 3. Grafik hubungan kekuatan tarik terhadap komposisi nanopartikel ABKS



Gambar 4. Grafik hubungan perpanjangan putus terhadap komposisi nanopartikel ABKS



Gambar 5. Grafik hubungan modulus young terhadap komposisi nanopartikel ABKS

Paduan polimer tak dapat campur (*immiscible blend*) mempunyai tarikan fisik antara komponen yang lemah pada batas fasa, sehingga dapat menyebabkan pemisahan fasa pada kondisi tertentu dan menyebabkan sifat mekanis campuran menjadi kurang baik [15]. Dari Gambar 4 terlihat bahwa nanokomposit dengan penambahan ABKS lebih dari 6 % memiliki perpanjangan putus lebih rendah dari nanokomposit dengan ABKS 6%. Hal ini dapat dijelaskan bahwa makin banyak jumlah pengisi yang ditambahkan, maka bahan tersebut makin kaku sehingga nilai perpanjangan putus makin rendah. Aglomerasi partikel silika ABKS dipercaya menjadi tempat konsentrasi tegangan dan menjadi awal terjadinya retak sehingga kekuatan tarik akan menurun.

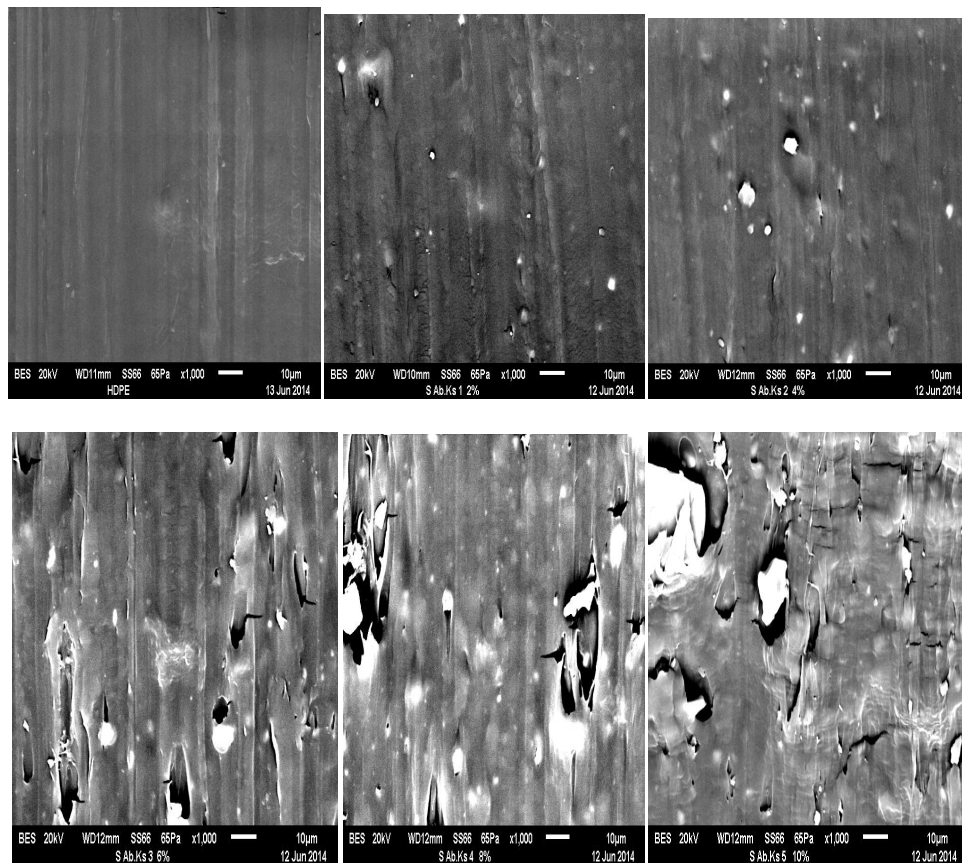
Gambar 5 memperlihatkan nilai Modulus Young's nanokomposit dengan penambahan *compatibilizer* lebih tinggi dibanding tanpa *compatibilizer*. Hal ini dikarenakan adanya interaksi antara HDPE dengan ABKS yang tersebar secara individu yang memiliki luas kontak permukaan yang besar sehingga dapat berikatan kuat dengan matrik HDPE dan *compatibilizer* PE-g-MA.

Gambar 6 memperlihatkan morfologi termoplastik HDPE dengan dan tanpa tambahan nano ABKS dimana terlihat

campuran homogen antara matrik dan pengisi. Hal ini menunjukkan bahwa nano komposit terdistribusi dengan merata. Pada konsentrasi ABKS 8 dan 10 % (Gambar 6e dan 6f) terlihat terjadi penggumpalan, yang diduga menjadi penyebab kekuatan tarik dan perpanjangan putus mengalami penurunan. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, penambahan nano ABKS 2-6 % pada nanokomposit meningkatkan sifat mekanis nanokomposit. Hal ini disebabkan adanya peningkatan proses pelekatan yang baik antara matrik dengan bahan pengisi yang dapat dilihat dari berkurangnya celah yang timbul dan ukuran partikel yang kecil [17].

KESIMPULAN

Perlakuan *ball mill* ABKS selama 15 jam menghasilkan ABKS dengan ukuran rata-rata partikel 100 nm dan kandungan SiO_2 45,55 % dan Fe_2O_3 10,53 %. Sifat mekanis nanokomposit ABKS-HDPE berupa kekuatan tarik dan perpanjangan putus mengalami peningkatan dengan penambahan nano ABKS 2-6%. Nanokomposit dengan penambahan *compatibilizer* menghasilkan kekuatan tarik dan perpanjangan putus lebih kecil dibanding dengan tanpa *compatibilizer*.



Gambar 6. Morfologi Termoplastik (a)HDPE, (b) ABKS 2 % (c) ABKS 4 % (d) ABKS 6 % (e) ABKS 8 % (f) ABKS 10 %

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Fisika Unimed dan Laboratorium Fisika Polimer LIPI Bandung atas fasilitas yang diberikan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. SAFIUDDIN MD. MOHD ZAMIN JUMAAT, M. A. SALAM, M. S. ISLAM and R. HASHIM. *Int. J. Phys. Sci.* **5**(13) (2010) 1952
- [2]. A. S. M. ABDUL AWAL and S. K. NGUONG, *A Short-Term Investigation on High Volume Palm Oil Fuel Ash (POFA) Concrete* 35th. Conference on Our World in Concrete & Structures, Singapore (2010) 25
- [3]. J. R. LEBLANCE, *Prog. Polym. Sci.*, **27** (2002) 627
- [4]. D. J. KOHLS and G. BEAUCAGE, *Curr. Opin. Solid State Mater. Sci.*, **6** (2002) 183
- [5]. N. BUKIT, *Makara, Technology*, **16** (2012) 121
- [6]. N. BUKIT, E. FRIDA, and M. H. HARAHAHAP, *Chem. Mater. Res.*, **3** (2013) 10
- [7]. S. M. ZEBARJAD, S. A. SAJJADI, M. TAHANI, and A. LAZZERI, *J. Achiev Mater. Manuf. Eng.*, **17** (2006) 173
- [8]. H. FOUAD, R. ELLEITHY, S. M. AL-ZAHRANI, and M. A. ALI, *Mater. Des.*, **32** (2011) 1974
- [9]. S. NIKMATIN, *Kajian Sifat Termal Dan Kristalografi Nanopartikel Biomassa Rotan Sebagai Filler Bionanokomposit*. Prosiding Simposium Nasional Inovasi Pembelajaran dan Sains Bandung, Indonesia (2013)
- [10]. N. THUADAIJ and A. NUNTIYA, *Chiang Mai J. Sci.*, **35** (2008) 206
- [11]. A. H. BHAT, H. P. S. ABDUL KHALIL, *BioResources*, **6**(2) (2011) 1288
- [12]. B. KORD, *BioResources*, **6** (2011) 1351
- [13]. Q. WU, Y. LEI, C. M. CLEMONS, F. YAO, Y. XU, and K. LIAN, *J. Plast. Technol.*, **27** (2007) 108
- [14]. C. M. MAKADIA, *Nanocomposites of Polypropylene by Polymer Melt Compounding Approach*. Thesis University of Massachusetts Lowell (2000)
- [15]. L. A. UTRACKI, M. SEPEHR, and E. BOCCALERI, *J. Polym. Advanced Technol.*, **18** (2007) 1
- [16]. KUSMONO, Z. A. MOHD ISHAK, W. S. CHOW, T. TAKEICHI, and ROCHMADI, *eXPRESS Polym. Lett.*, **2** (2008) 655
- [17]. N. BUKIT, *Pengolahan Zeolit Alam Sebagai Bahan Pengisi Nano Komposit Polipropilena Dan Karet Alam Sir-20 Dengan Kompatibeliser Anhidrida Maleat-Grafted-Polipropilena* Disertasi USU, Medan (2011)