

ABSTRAK – EXECUTIVE SUMMARY
PENELITIAN DOSEN PEMULA



**RANCANG BANGUN REAKTOR THERMAL PLASMA
PORTABEL UNTUK SINTESA NANOPARTIKEL ALUMINA**

TIM PENGUSUL

M. FAHRUR ROZY HENTIHU, ST., MT. / NIDN. 0007038008

DIBIYAI OLEH

Daftar isian pelaksanaan anggaran (DIPA) Univ. Jember Th. Anggaran 2015

No: 1250/UN25.3.1/LT/2015

UNIVERSITAS JEMBER

DESEMBER 2015

Halaman Pengesahan

ABSTRAK

RANCANG BANGUN REAKTOR THERMAL PLASMA PORTABEL UNTUK SINTESA NANOPARTIKEL ALUMINA

Peneliti : M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T.¹
Sumber Dana : BOPTN Universitas Jember 2015

¹Jurusan Teknik Mesin-Fakultas Teknik-Universitas Jember

Rancang bangun reaktor thermal plasma telah berhasil memproduksi nanopartikel alumina. Diperoleh parameter bahwa semakin kecil laju aliran serbuk dan oksigen menyebabkan lama tinggal partikel dalam busur thermal plasma semakin meningkat dan akan meningkatkan jumlah droplet yang dihasilkan dari proses evaporasi. Proses tersebut menjadi peranan yang sangat penting dalam memperkecil ukuran droplet uap aluminium yang menjadi cikal bakal terbentuknya partikel dalam skala nanometer. Dihasilkan serbuk Al_2O_3 berukuran rerata terkecil 34,92 nm dengan laju aliran serbuk aluminium terendah 1,16 g/detik dan oksigen sebesar 4,721 l/menit. Serbuk Al_2O_3 telah memenuhi kriteria nomor seri *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD) yaitu 46-1131 dan 04-0877 dengan ukuran kristal *XS* masing-masing 22,3 nm dan 21,9 nm terdeteksi sebagai material $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan $\theta\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Kata Kunci : Reaktor thermal plasma, Aluminium, Alumina, Nanopartikel.

EXECUTIVE SUMMARY

KAJIAN KARAKTERISTIK THERMAL MEKANIS PADA PROSES FABRIKASI PANEL KOMPOSIT PARTIKEL LIMBAH PADAT KOPI

Peneliti : M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T.¹
Sumber Dana : BOPTN Universitas Jember 2015
Email : fahrur.teknik@unej.ac.id

¹Jurusan Teknik Mesin-Fakultas Teknik-Universitas Jember

Latar Belakang

Kehadiran nanoteknologi telah mempengaruhi perindustrian dalam menghasilkan struktur nano yang mampu diterapkan dalam berbagai macam aplikasi. Beberapa metode dalam pembuatan material nano diantaranya metode *break-down* melalui proses pengurangan dimensi partikel (*ball mill*, *jet mill* dll), *build-up* yang berasal dari sintesa fasa gas melalui proses fisik maupun kimiawi (plasma, laser, *sputtering* dll.), dan terakhir metode sintesa berbasis fasa cair (dekomposisi thermal, *spray drying* dll.) yang menghasilkan berbagai bentuk morfologi dan jenis material berukuran nano (D. Vollath, 2008). Pertimbangan utama proses pembuatan material nanopartikel yaitu kemudahan, biaya teknologi yang murah, jangkauan produk yang dihasilkan, laju produksi yang tinggi dan aplikasi produk yang sangat luas.

Baru-baru ini, teknik DC thermal plasma telah dikembangkan untuk mensintesis berbagai nanopartikel oksida dengan kualitas tinggi tetapi juga sangat murah dengan laju produksi yang tinggi (M. Nirmala, 2010; Takayuki, 2009; YI Jian-hong, 2009). Metode ini juga telah digunakan secara luas oleh banyak industri karena fleksibilitas untuk mensintesis logam, paduan (*alloy*), material oksida, polimer, dan bubuk komposit (T. Laha, 2005).

Aluminium oksida (alumina) saat ini merupakan salah satu keramik oksida yang paling bermanfaat dan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti katalis, sensor, semikonduktor, ilmu kedokteran, kapasitor, baterai, dan bahan dasar insektisida. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan serbuk nanopartikel alumina dilaporkan mampu mengatasi serangan hama *sitophilus oryzae* dan

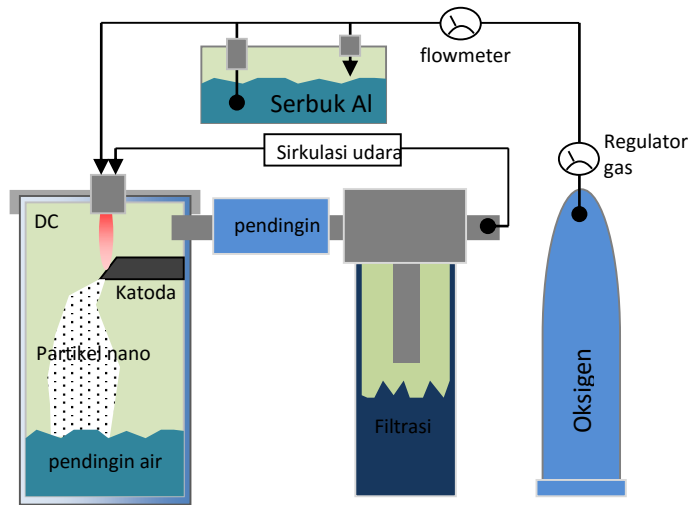
ryzopertha dominica yang terdapat pada beras dan gandum secara efektif dan efisien (Micaela dkk., 2015; Teodoro, dkk., 2010; Sabbour, 2012).

Tujuan

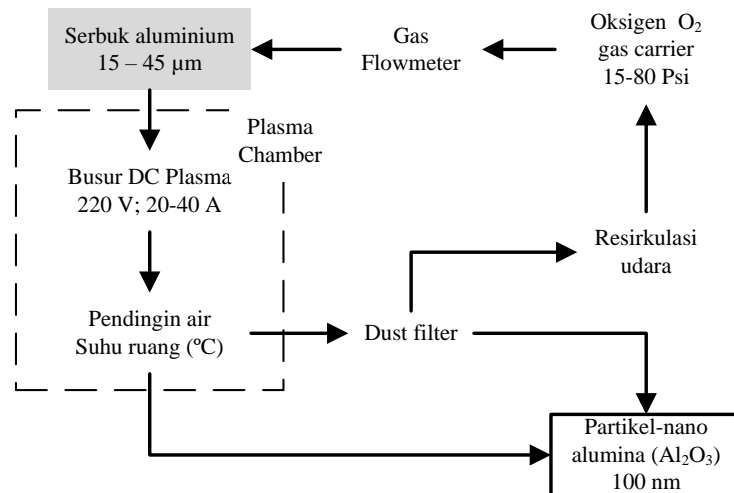
Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan membuat Reaktor Thermal Plasma Portabel yang dapat memproduksi nanopartikel alumina. Menyediakan bahan mentah alumina berteknologi skala nano (nanoteknologi) sebagai bahan dasar pembuatan insektisida yang dapat diaplikasikan pada pengendalian hama beras serta aplikasi-aplikasi lain seperti katalis, sensor, semikonduktor, ilmu kedokteran, kapasitor dan baterai. Memperluas jangkauan teknologi rekayasa nanomaterial diberbagai bidang ilmu sains.

Metodologi Penelitian

Proses rancang bangun reaktor thermal plasma portabel untuk sintesa nanopartikel alumina yaitu dengan cara melakukan modifikasi mesin DC *Plasma Cutting* yang tersedia dipasaran, pembuatan *arc chamber*, sistem pendingin menggunakan media udara dan air, filter dan kolektor menggunakan bahan logam stainlesssteel. modifikasi mesin blower untuk digunakan untuk resirkulasi udara. pembuatan rangka dan dudukan komponen-komponen diatas, dilanjutkan proses perakitan komponen menjadi satu sistem reaktor thermal plasma portabel (gambar 3.1) dan dilanjutkan dengan pengujian alat.



Gambar 3.1 Desain rencana reaktor thermal plasma portabel untuk sintesa nanopartikel alumina.



Gambar 3.2 Alur proses sintesa nanopartikel alumina.

Seperti yang terlihat pada gambar 3.2, serbuk aluminium berukuran 15-45µm dimasukkan kedalam plasma chamber melalui dorongan gas *carrier* oksigen dengan tekanan 15-80 Psi yang dapat diamati melalui *gas flowmeter*. Kemudian serbuk aluminium bersentuhan dengan busur DC plasma dengan tegangan 220 Volt menggunakan arus 20-40 A dan terjadi proses penguapan serbuk aluminium

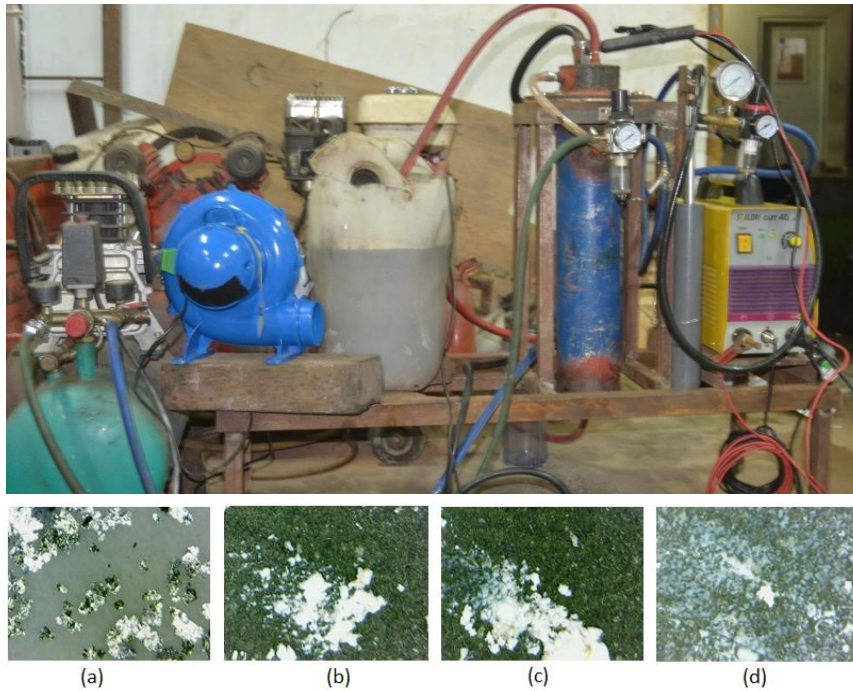
dilanjutkan dengan *quenching* (pendinginan yang sangat cepat) menggunakan media udara dan air. Secara bersamaan telah terjadi proses homogenisasi nukleasi, heterogenisasi kondensasi dan koagulasi partikel.



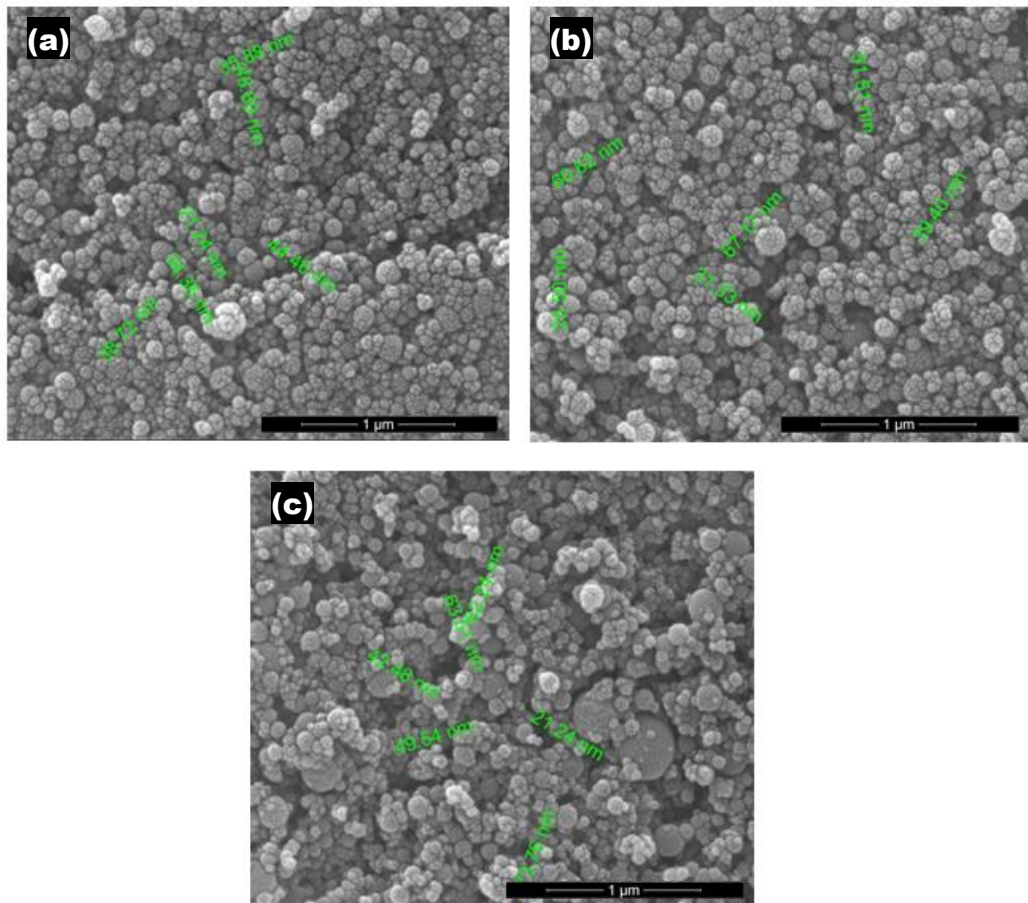
Pada tahapan paling akhir serbuk aluminium telah teroksidasi dan menjadi alumina berukuran nanometer yang ditangkap oleh *dust filter* untuk ditampung di kolektor. Selama proses tersebut, sebagian nanopartikel akan jatuh kebawah chamber yang berisi cairan pendingin. Setelah rangkaian proses yang ada didalam reaktor thermal plasma, selanjutnya nanopartikel dikarakterisasi bentuk morfologinya menggunakan SEM dan pengujian kristal alumina melalui mesin XRD.

Hasil dan Pembahasan

Sampel nanopartikel alumina (Al_2O_3) berwarna putih telah berhasil diproduksi melalui proses pemecahan partikel aluminium berukuran 20-40 μm berwarna perak yang dimasukkan kedalam reaktor plasma Gambar 4.1.



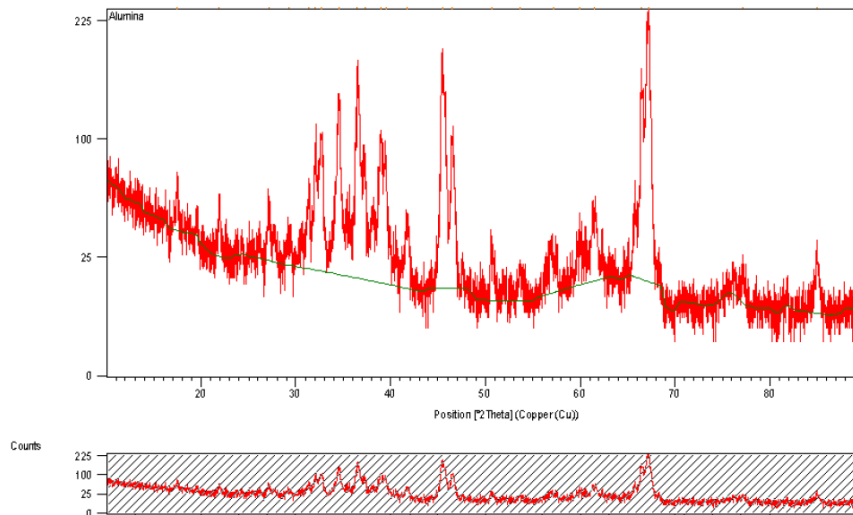
Gambar 4.1 Reaktor thermal plasma, foto mikro pembesaran 500x (a) serbuk aluminium, produk hasil serbuk alumina: Al_2O_3 (b) sampel no.1; (c) sampel no.2; (d) sampel no.3.



Gambar 4.2 SEM nanopartikel alumina (Al_2O_3) pembesaran 80.000x : (a) sampel no.1; (b) sampel no.2; (c) sampel no.3.

Parameter yang terkait dengan proses pembuatan nanopartikel telah mempengaruhi ukuran partikel yang dihasilkan seperti yang terlihat dalam Tabel 4.1. Ukuran partikel rerata terkecil diperoleh pada sampel no.1 sebesar 34,92 nm dengan laju aliran serbuk terendah 1,16 g/detik dan oksigen sebesar 4,721 l/menit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lambat laju aliran serbuk, akan meningkatkan lama tinggal serbuk aluminium pada busur thermal plasma, sehingga tingkat evaporasi partikel juga semakin meningkat. Evaporasi partikel yang semakin meningkat memiliki peranan penting dalam memperkecil ukuran droplet uap aluminium. Dalam waktu yang hampir bersamaan dalam perjalanan meninggalkan busur thermal plasma terjadilah proses oksidasi yang membuat aluminium menjadi produk akhir alumina (Al_2O_3).

Kristal nanopartikel alumina dari sampel yang dihasilkan belum diketahui jenisnya sehingga perlu dilakukan pengujian XRD. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3 yang terlihat jelas berupa puncak-puncak yang berbeda intensitasnya dan tersebar pada masing-masing posisi 2θ .



Gambar 4.3 X-Ray diffraction sampel nanopartikel alumina Al_2O_3 .

Berdasarkan hasil pengolahan data XRD Gambar 4.3 menggunakan perangkat lunak JADE 6.5 diperoleh kesesuaian jenis material dan grup kristal menurut *Inorganic Crsytal Structure Database (ICSD)* yaitu 46-1131 dan 04-0877 dengan ukuran kristal X_S masing-masing 22,3 nm dan 21,9 nm terdeteksi sebagai material $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan $\theta\text{-Al}_2\text{O}_3$. Jenis alumina tersebut terbentuk pada suhu 750°C - 1050°C terjadi sesaat sebelum meninggalkan busur thermal plasma. Hasil ini menunjukkan bahwa reaktor thermal plasma telah mampu memproduksi serbuk partikel alumina jenis $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan $\theta\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil melakukan rancang bangun dan uji coba hasil terhadap partikel aluminium yang diproses menjadi nanopartikel alumina dengan kesimpulan sebagai berikut:

1. Diperoleh paramater bahwa semakin kecil laju aliran serbuk dan oksigen menyebabkan lama tinggal partikel dalam busur thermal plasma semakin meningkat dan akan meningkatkan jumlah droplet yang dihasilkan dari proses

evaporasi. Proses tersebut menjadi peranan yang sangat penting dalam memperkecil ukuran droplet uap aluminium sebagai cikal bakal terbentuknya partikel dalam skala nanometer.

2. Dihasilkan serbuk Al_2O_3 berukuran rerata terkecil 34,92 nm dengan laju aliran serbuk aluminium terendah 1,16 g/detik dan oksigen sebesar 4,721 l/menit.
3. Serbuk Al_2O_3 telah memenuhi kriteria nomor seri *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD) yaitu 46-1131 dan 04-0877 dengan ukuran kristal *XS* masing-masing 22,3 nm dan 21,9 nm terdeteksi sebagai material $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan $\theta\text{-Al}_2\text{O}_3$.

DAFTAR PUSTAKA

- Adel K. Mahmoud. 2014. Production of Nanoparticles (Al₂O₃) using Pulsed Laser Ablation Technique in Distilled Water Solution. International Journal of Current Engineering and Technology . ISSN: 2347-5161
- Dieter Vollath.2008. Review Paper: Plasma Synthesis of Nanopowders. J Nanopart Res. DOI: 10.1007/s11051-008-9427-7
- I.K.Yu, J.H.Rhee, S.Cho, H.K.Yoon. 2009. Design and Instalation of DC Plasma Reactor for SiC Nanoparticle Production. Journal of Nuclear Material. DOI: 10.1016/j.jnucmat.2008.12.230
- Jun-Ho Seo, Bong-Guen Hong. 2012. Thermal Plasma Synthesis of Nano-sized Powder Nuclear Engineering and Technology. Vol. 44. No.1 February 2012.
- Hafiza Tahira Gul, Shafqat Saeed, Fawwad Zafar Ahmad Khan, Syed amir Manzoor. 2014. Potential of nanotechnology in agriculture and crop preotection: A review. Applied Science and Business Economics. Volume 1, issue 2. Pp: 23-28.
- M.Nirmala, Manjula G.Nair, K.Rekha, A.Anukaliani, S.K. Samdarshi. Ranjith G.Nair. 2010. Photocatalytic Activity of ZnO Nanopowders Synthesized by DC Thermal Plasma. African Journal of Basic & Applied Sciences 2. ISSN 2079-2034
- Mahendrai Rai, Avinash Ingle. 2012. Role of nanotechnology in agriculture with special reference to management of insect pests. Appl. Microbiol. Bioethanol.vol 94. pp: 287-293.
- Micaela Buteler, S.W. Sofie, D. K. Weaver, D. Driscolf, J. Muretta, T. Stadler. 2015. Development of nanoalumina dust as insecticide against sithophilus oryzae and ryzopertha dominica. International Journal of Pest Management. Volume 61. No.1. pp: 80-89.
- Masaya Shigeta, Anthony B Murphy. 2011. *Thermal plasmas for nanofabrication*. Journal of Physics D: Applied Physics Vol. 44 No. 17.
- Sabbour M. 2012. Entomotoxicity assay two nanoparticle material 1-(Al₂O₃ and TiO₂) against sitophilus oryzae under laboratory and store conditions in egypt. Journal of Novel Applied Science. vol. 1 (4). pp: 103-108.
- Teodoro Stadler, Micaela Buteler, David K Weaver. 2010. Novel use of nanostructured alumina as an insecticide. Pest Manag Sci. Vol 66. Pp:577-579.

- Teodoro Stadler, Micaela Buteler, David K Weaver, Stephen Sofie. 2012. Comparative toxicity of nanostructures alumina and a commercial inert dust for *Sitophilus oryzae* (L) and *Rhizoglyphus dominica* (F) at varying ambient humidity levels. *Journal of stored product research*. Vol. 48. Pp:81-90.
- Takayuki Watanabe, Manabu Tanaka. 2009. Thermal Plasma Processing for Functional Nanoparticle Synthesis, pp. 45-47, *16TH ASEAN REGIONAL SYMPOSIUM ON CHEMICAL ENGINEERING December 1-2, 2009. Manila Hotel, Philippines*.
- Takuya Tsuzuki. 2009. Commercial scale production of inorganic nanoparticles. *Int. J. Nanotechnol.*, Vol. 6, Nos. 5/6.
- T. Laha, K. Balani, A. Agarwal, S. Patil, S. Seal. 2005. Synthesis of Nanostructured Spherical Aluminium Oxide Powders by Plasma Engineering. *Metallurgical and Materials Transactions A*. Volume 36A. Februari
- Takashi Shirai, Hideo Watanabe, Masayoshi Fuji & Minoru Takahashi. 2009. Structural Properties and Surface Characteristics on Aluminium Oxide Powders. *Ceramics Research Center Annual Report*, Vol. 9, 23-31
- Peter Kong & Alex Kawczak. 2008. Plasma Synthesis of Particles for Nanocomposite Energy Applications. Idaho National Library. 8th World congress nanocomposite
- Rupesh Kumar, Vishnu Prabhakar & Jasmeen Saini. 2013. Alumina. *International Journal of Current Engineering and Technology*. ISSN 2277-4106. Vol.3 No.5.
- YI Jian-hong, Sun You-yi, GAO Jian-feng, XU Chun-yan. 2009. Synthesis of Crystalline -Al₂O₃ with high purity. Youth Science Foundation of Shanxi Province. DOI: 10.1016/S1003-6326(08)60435-5
- Veeradate P., Voranuch T., Piyapong A., Pichet L. 2012. Preparation and characterization of Alumina Nanoparticles in Deionized Water Using Laser Ablation Technique. Hindawi Publishing Corporation - *Journal of Nano Materials*. DOI: 10.1155/2012819403