

ABSTRAK - EXECUTIVE SUMMARY
PENELITIAN DOSEN PEMULA



PENINGKATAN UNJUK KERJA NANOGENERATOR ZNO BERBASIS
SERAT NANO MELALUI PENUMBUHAN NANOWIRE PADA
PERMUKAAN SERAT

TIM PENGUSUL

IMAM SHOLAHUDDIN, ST., MT. / NIDN. 0029108102

DIBIYAI OLEH

Daftar isian pelaksanaan anggaran (DIPA) Univ. Jember Th. Anggaran 2014

No: DIPA-023.04.414995/2014 tanggal 05 Desember 2013

UNIVERSITAS JEMBER

NOPEMBER 2014

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Kegiatan : PENINGKATAN UNJUK KERJA
NANOGENERATOR ZNO BERBASIS SERAT
NANO MELALUI PENUMBUHAN NANOWIRE
PADA PERMUKAAN SERAT

Kode/Rumpun Ilmu : 445 / Teknik Material (Bahan)

A. Nama Lengkap : IMAM SHOLAHUDDIN, ST., MT.

B. NIDN : 0029108102

C. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

D. Program Studi : Teknik Mesin

E. Nomor HP : 08885906500

F. Surel (e-mail) : imam.teknik@unej.ac.id

Lama Penelitian Keseluruhan : 7 Bulan

Penelitian Tahun Ke : -

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 9.170.000,-

Sumber Dana : BOPTN Universitas Jember 2014

Mengetahui,
Peneliti Pembina
Fakultas Teknik



Ir. Digdo Listyadi Setyawan, M.Sc.
NIP. 196806171995011001

Jember, 28 Nopember 2014

Ketua Peneliti



Imam Sholahuddin, ST., MT.
NIP. 198110292008121003

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Jember



Prof. Ir. Achmad Subagio., M.Agr., Ph.D.
NIP. 196905171992011001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember



Ir. Widyono Hadi, MT.
NIP. 196104141989021001

PENINGKATAN UNJUK KERJA NANOGENERATOR ZNO BERBASIS SERAT NANO MELALUI PENUMBUHAN NANOWIRE PADA PERMUKAAN SERAT

Peneliti : Imam Sholahuddin, S.T., M.T.¹
Sumber Dana : BOPTN Universitas Jember 2014

¹Jurusan Teknik Mesin-Fakultas Teknik-Universitas Jember

ABSTRAK

Terjadinya difusi serat pada kondisi masih *green fiber* pada pelat kolektor serta proses dekomposisi thermal yang diikuti dengan pembentukan nukleasi kristal ZnO memiliki peranan yang sangat besar terhadap bentuk akhir morfologi produk serat. Namun hasil yang cukup positif terjadi pada proses penumbuhan *nanowire*. Tekanan udara alamiah serta keberadaan oksigen pada udara bebas pada saat sintering selama 2 jam tanpa menggunakan katalis, kristal ZnO dapat tumbuh dengan sendirinya (*self-growth*) menjadi *nanowire*. Sebagai material nanogenerator, keadaan ini memberikan tambahan luasan aktif untuk mengeksitasi gaya tekan-lepas menjadi tegangan listrik hingga 234,55 mV ($2 \mu\ell/\text{mnt}$).

Kata kunci : serat nano, *nanowire*, *self-growth*, nanogenerator.

EXECUTIVE SUMMARY

PENINGKATAN UNJUK KERJA NANOGENERATOR ZNO BERBASIS SERAT NANO MELALUI PENUMBUHAN NANOWIRE PADA PERMUKAAN SERAT

Peneliti : Imam Sholahuddin, S.T., M.T.¹
Sumber Dana : BOPTN Universitas Jember 2014
Email : imam.teknik@unej.ac.id

¹Jurusan Teknik Mesin-Fakultas Teknik-Universitas Jember

LATAR BELAKANG

Bergesernya tren global dalam pemanfaatan sumber energi konvensional yang berasal dari fosil disebabkan semakin menipis ketersediaannya di alam. Kondisi tersebut telah mendorong masyarakat untuk mencari berbagai cara alternatif dalam pengolahan dan pemanfaatan sumber energi terbarukan yang berasal dari energi angin, panas bumi, matahari, gerakan ombak laut, aliran air serta limbah atau sampah. Bahkan sumber energi terkecil dan terdekat yang ada disekitar manusia seperti energi panas tubuh, gerakan tubuh, getaran residu yang dihasilkan dari gerakan-gerakan benda di lingkungan sekitar kini sudah mulai diteliti dan dimanfaatkan keberadaannya.

Hadirnya teknologi nano menjadikan proses konversi energi semakin leluasa untuk menjangkau potensi-potensi kecil (nano) energi agar dapat dikonversi dan digunakan sebagai potensi sumber energi alternatif terbarukan. Munculnya istilah baru nanogenerator dalam klasifikasi sumber energi listrik yang berasal dari proses konversi energi mekanis atau thermal dengan melibatkan skala nano material ataupun prosesnya telah dipopulerkan oleh Profesor Wang Z.L. berasal *Georgia Insititute of Technology* pada sekitaran tahun 2006. Pemeran utama berkembangnya penelitian nanogenerator tidak terlepas dari peran material semikonduktor yang terus mengalami eksplorasi karakteristik yang semakin beragam, unik dan terus ditemukannya inovasi-inovasi baru hingga saat ini.

Seperti halnya sifat termoelektrik, piezoelektrik maupun photoelektrik yang dapat dimunculkan dari satu jenis material semikonduktor yaitu Seng oksida (ZnO)

dalam skala nano dengan bentuk morfologi *nanofilm*, *serat nano*, dan *nanowire* (Wang, 2008). Luasnya cakupan karakteristik material Seng oksida (ZnO) menjadikan daya tarik tersendiri untuk menjadi sebuah objek penelitian yang selalu hangat dan menarik. Teknologi pemanen energi khususnya yang berbasis piezoelektrik telah banyak dipilih dan dikembangkan menuju fungsi aplikatif yang lebih ringkas, portabel dan fleksibel (Rodig, *dkk.*, 2010; Suzuki, 2011; Wang, 2008). Seperti halnya keyboard, pakaian, dan tekanan tumit pada sepatu, dengan adanya pergerakan tubuh secara mekanis dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menempatkan material yang memiliki sifat piezoelektrik.

Topik penelitian energi terbarukan khususnya bidang material maju penghasil energi terbarukan masih sangat sedikit jumlahnya dibandingkan dengan ragam topik penelitian tentang energi terbarukan yang ada saat ini. Luaran yang menjadi target penelitian ini yaitu prototype material piezoelektrik ZnO berbasis *serat nano-nanowire* sebagai bahan utama pembuatan nanogenerator ZnO pengkonversi energi mekanis menjadi energi listrik. Produk luaran ini diharapkan akan menjadi kontribusi yang positif untuk memperkaya perkembangan ilmu pengetahuan di Indonesia.

TUJUAN

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan prototype material piezoelektrik ZnO berbasis serat nano sebagai bahan utama nanogenerator. Selain itu, tujuan khusus penelitian ini adalah untuk meningkatkan unjuk kerja nanogenerator dengan perubahan laju aliran pada proses *electrospinning* terhadap variasi dimensi serat serta penumbuhan *nanowire* dipermukaan serat dan memperoleh informasi dan data-data ilmiah mengenai parameter pengendalian ukuran serat nano, panjang *nanowire* dan hubungan antara dimensi serat *nanowire* terhadap unjuk kerja nanogenerator ZnO.

METODOLOGI PENELITIAN

Larutan PVA (1:10 %wt) disiapkan terlebih dahulu menggunakan 2 g PVA yang dicampur dengan 20 g H₂O, dihomogenisasi dengan pengadukan pada suhu 70°C selama 4 jam dan didiamkan pada suhu ruang selama 8 jam. Kemudian larutan ZnAc diperoleh dengan pencampuran 2 g (CH₃COO)₂Zn.2H₂O dan 8 g H₂O yang

diaduk selama 1 jam dengan suhu 70°C. Setelah itu larutan ZnAc dicampur dengan PVA (1:4 % wt) dan diaduk pada suhu 70°C selama 8 jam, didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam, sehingga dihasilkan larutan bening ZnAc/PVA yang disiapkan untuk mensintesa serat nano ZnO.

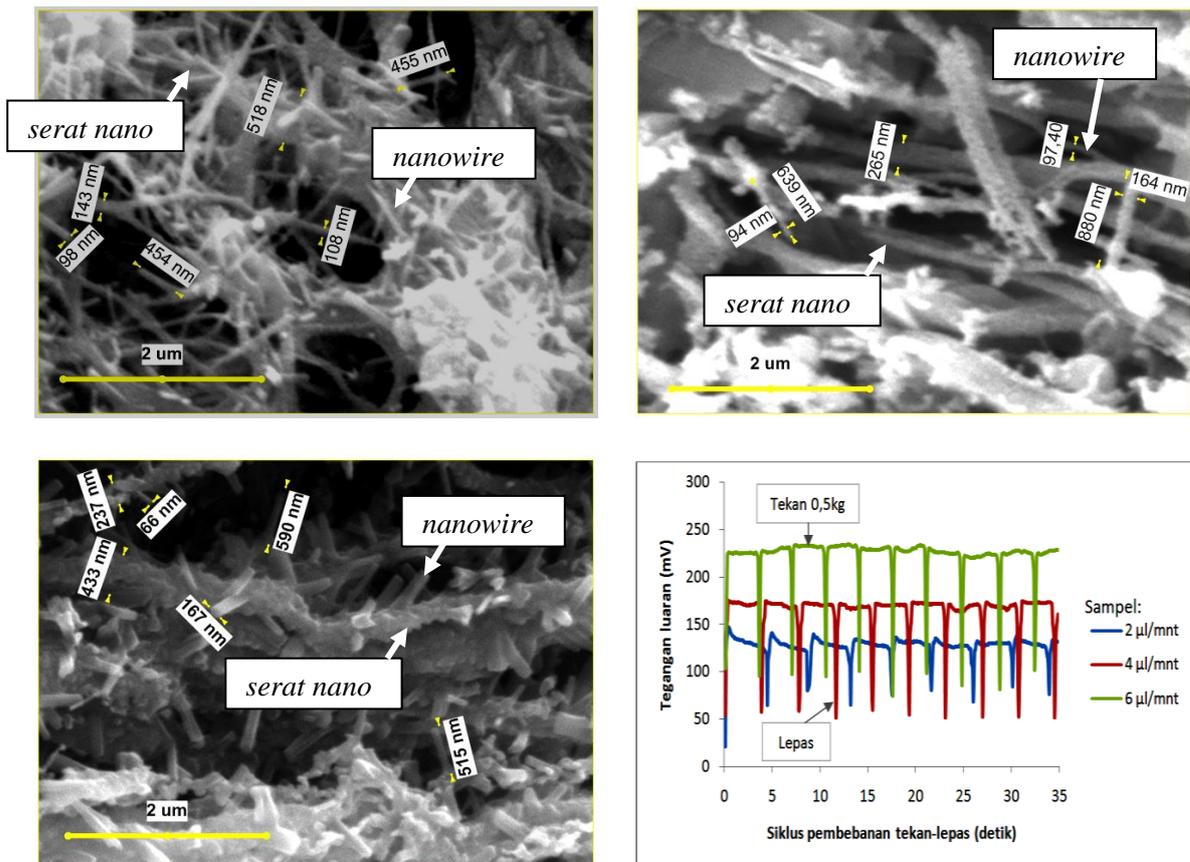
Sintesa serat nano menggunakan mesin *electrospinning* (gambar 1) dengan cara memasukkan masing-masing larutan ke dalam 1 mL pompa suntik. Jarum dihubungkan dengan terminal positif dengan jarak 8 cm horisontal terhadap pelat kolektor aluminium yang terhubung dengan terminal negatif dan tegangan tinggi yang diterapkan sebesar 15 kV. Pada saat tegangan tinggi dihidupkan dan larutan mulai didorong keluar dengan variasi laju aliran 1- 6 µL/menit, larutan akan tertarik oleh medan elektrostatis dan menempel dengan sendirinya dipermukaan pelat kolektor menjadi *green fibers*. Selanjutnya disintering dengan suhu 600°C untuk menghilangkan materi organik karena diatas suhu 440°C sudah terdekomposisi seluruhnya (Yang, *dkk.*, 2004) dan yang tersisa hanyalah serat nano ZnO. Proses penumbuhan *nanowire* diamati dengan melakukan variasi waktu sintering selama 2, 4, 6 dan 8 jam. Karakterisasi morfologi dan kristalinitas serat nano ZnO diperoleh dengan pengujian SEM dan XRD.

Selanjutnya kemampuan piezoelektrik untuk menghasilkan energi diukur dengan membaca perubahan tegangan secara langsung (*realtime*) dengan penerapan beban tekan-lepas sebesar 0,5 kgf. Peralatan yang digunakan adalah akuisisi data merek ADAM Advantech seri 4018. Besarnya beban 0,5 kgf dilakukan untuk mewakili kondisi terapan tekanan jari lemah (Choi, *dkk.*, 2010). Unjuk kerja piezoelektrik dapat dicari berdasarkan besarnya perubahan tegangan (Volt) yang dihasilkan oleh *nanogenerator* piezoelektrik ZnO.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Serat nano yang dibuat menggunakan proses *electrospinning* telah berhasil dilakukan. Berdasarkan gambar 1.a-c hasil pengujian morfologi menggunakan SEM dapat dilihat bahwa ukuran serat nano yang dihasilkan homogenitasnya rendah, terlihat saling bertumpuk dan beberapa diantaranya menyatu dengan serat yang lain dengan kisaran ukuran 90 – 500 nm. Berbeda dengan *nanowire* yang tumbuh di permukaan serat dan terlihat kontras dengan ukuran yang memiliki keseragaman

pada diameternya sebesar 66 – 98 nm, dan tingginya berada pada kisaran 400 – 800 nm. Sedangkan unjuk kerja sampel uji serat nano-*nanowire* ZnO sebagai *nanogenerator* pada gambar 1.d menghasilkan angka tegangan puncak sebesar 146,77 mV (sampel c), 175,1 mV (sampel b), dan 234,55 mV (sampel a). Pada saat pelepasan beban tekan selama >1 detik, serat nano-*nanowire* ZnO mampu menahan tegangan keluaran hingga 50% dari tegangan puncak yang dihasilkan dan memiliki nilai yang stabil dan seragam pada saat proses pemberian beban tekan sebesar 0,5kg.



Gambar 1. Hasil pengujian SEM pada sampel serat nano ZnO a). 2 μ l/mnt, b). 4 μ l/mnt, c). 6 μ l/mnt dan d). unjuk kerja tegangan keluaran (mV) dengan pemberian beban tekan-lepas sebesar 0,5 kg.

Pengaruh variasi laju aliran terhadap diameter serat tidak dapat terlihat dengan jelas pada gambar 3. Hal ini disebabkan oleh adanya difusi antar serat pada saat proses electrospinning seperti pembentukan green fiber pada pelat kolektor tidak sepenuhnya kering, saling bertumpuk dan diantaranya saling menyatu. Sehingga lebih nampak berbentuk gumpalan dan sedikit sekali yang nampak utuh dalam bentuk serat. Selain permasalahan diatas proses sintering juga menentukan terjadinya difusi

serat, karena pada saat terjadi pembentukan nukleasi dan penumbuhan kristal ZnO beberapa diantaranya saling berdifusi. Keadaan yang berbeda terjadi pada morfologi *nanowire* yang tumbuh dipermukaan serat, tampak jelas dengan bentuk yang hampir seragam dengan panjang *nanowire* antara 400 – 800 nm, dengan diameter 66 – 167 nm. Keseragaman ini disebabkan oleh lama waktu sintering yang sama, sehingga nilai tekanan chamber dan tekanan parsial oksigen atau udara secara alamiah yang diberikan pada permukaan ZnO juga sama. Dimana menurut Wang Z.L., (2007) tekanan chamber dan tekanan parsial oksigen memiliki peranan penting dalam proses penumbuhan *nanowire* meskipun pada penelitian ini dilakukan tanpa menggunakan katalis sebagai pemicu terjadinya pertumbuhan. Sehingga rekayasa material penumbuhan *nanowire* ZnO semakin mudah untuk dilakukan dengan cara *self-growth*.

Unjuk kerja serat nano-*nanowire* sebagai nanogenerator ZnO menunjukkan perilaku yang menarik. Dengan pemberian beban tekan-lepas sebesar 0,5kg, semakin kecil laju aliran penyemprotan larutan nilai tegangan keluaran (mV) semakin tinggi. Hal disebabkan oleh hubungan tidak langsung antara laju aliran penyemprotan dengan luasan aktif serat nano-*nanowire*, dimana semakin besar laju aliran semakin tinggi nilai tegangan keluaran dengan rangkaian terbuka (V_{oc}) hingga 234,55 mV (2 $\mu\ell/mnt$). Hal ini disebabkan jumlah serat nano-*nanowire* yang dihasilkan dalam satu luasan semakin besar dengan semakin kecilnya laju aliran *electrospinning*.

KESIMPULAN

Beberapa sumber bacaan memberikan informasi yang cukup akurat mengenai pengaruh antara laju aliran penyemprotan larutan terhadap dimensi serat yang dihasilkan, semakin lambat laju aliran maka akan menghasilkan serat nano yang berukuran semakin kecil. Berbeda dengan hasil penelitian ini, ternyata beberapa faktor proses fabrikasi serat akan banyak mempengaruhi morfologi produk akhir serat. Kemungkinan terjadinya difusi serat pada kondisi masih *green fiber* pada pelat kolektor dan saat proses dekomposisi thermal yang diikuti dengan pembentukan nukleasi kristal ZnO memiliki peranan yang sangat besar. Sehingga bentuk morfologi serat tidak terlalu kontras dan hanya terlihat seperti gumpalan serat yang menyatu. Namun hasil yang cukup positif terjadi pada proses penumbuhan *nanowire*. Tekanan

udara alamiah serta keberadaan oksigen pada udara bebas pada saat sintering dengan waktu yang cukup lama, tanpa menggunakan katalis dapat memberikan kesempatan beberapa kristal ZnO untuk tumbuh dengan sendirinya (*self-growth*) menjadi *nanowire*. Sebagai material nanogenerator, keadaan ini memberikan tambahan luasan aktif untuk mengeksitasi gaya tekan-lepas menjadi tegangan listrik dalam miliVolt. Semakin lambat laju aliran penyemprotan larutan menjadi serat, maka luasan aktif nanogenerator semakin besar dan tegangan listrik yang dihasilkan juga semakin besar. Sehingga akan menjadi potensi yang cukup menarik material ZnO berbasis serat nano-*nanowire* menjadi prototype nanogenerator dengan aplikasi yang lebih luas.

KATA KUNCI : serat nano, *nanowire*, *self-growth*, nanogenerator.

DAFTAR PUSTAKA

- Baek, J.-H., J. Park, J. Kang, D. Kim, S.-W. Koh, dan Y.-C. Kang. 2012. *Fabrication and Thermal Oxidation of ZnO Nanofibers Prepared via Electrospinning Technique*. Bull. Korean Chem. 33(8). 2694-2698.
- Chang, J., M. Dommer, C. Chang, dan L. Lin. 2012. *Piezoelectric Nanofibers for Energy Scavenging Applications*. Nano Energy. 1(3). 356-371.
- Chen, X., S. Xu, N. Yao, dan Y. Shi. 2010. *1,6 V Nanogenerator for Mechanical Energy Harvesting using PZT Nanofibers*. Nano letters. 10(6). 2133-2137.
- Choi, D., K. Y. Lee, K. H. Lee, E. S. Kim, T. S. Kim, S. Y. Lee, et al. 2010. *Piezoelectric Touch-Sensitive Flexible Hybrid Energy Harvesting Nanoarchitectures*. Nanotechnology. 21(40). 405503.
- Fry, D. N., D. E. Holcomb, J. K. Munro, L. C. Oakes, dan M. J. Matson. (1997). *Compact Portable Electric Power Source*. Oak Ridge laboratory.
- Haertling, G. H. 1999. *Ferroelectric Ceramics : History and Technology*. Journal of the American Ceramic Society. 82(4). 797-818.
- Kanjwal, M. A., F. A. Sheikh, N. A. M. Barakat, X. Li, H. Y. Kim, dan I. S. Chronakis. 2011. *Co₃O₄, ZnO, Co₃O₄-ZnO Nanofibers and Their Properties*. Journal of Nanoengineering and Nanomanufacturing. 1. 196-202.

- Park, J.-a., J. Moon, S.-j. Lee, S.-c. Lim, dan T. Zyung. 2009. *Fabrication and Characterization of ZnO Nanofibers by Electrospinning*. *Current Applied Physics*. 9(3). S210-S212.
- Park, J. Y., dan S. S. Kim. 2009. *Growth of Nanograins in Electrospun ZnO Serat nanos*. *J. Am. Ceramic. Soc.* 92(8). 1691-1694.
- Ren, H., Y. Ding, Y. Jiang, F. Xu, Z. Long, dan P. Zhang. 2009. *Synthesis and Properties of ZnO Nanofibers Prepared by Electrospinning*. *Journal of SolGel Science and Technology*. 52(2). 287-290.
- Rodig, T., A. Schonecker, dan G. Gerlach. 2010. *A Survey on Piezoelectric Ceramics for Generator Applications*. *Journal of the American Ceramic Society*. 93(4). 901-912.
- Sangkhaprom, N., P. Supaphol, dan V. Pavarajan. 2010. *Fibrous Zinc Oxide Prepared by Combined Electrospinning and Solvothermal Techniques*. *Ceramics International*. 36. 357-363.
- Suzuki, Y. 2011. *Recent Progress in MEMS Electret Generator for Energy Harvesting*. [Special Issue Paper]. *IEEJ TRANSACTIONS ON ELECTRICAL AND ELECTRICAL ENGINEERING*. 6. 101-111.
- Wang, Z. L. 2008. *Towards Self-Powered Nanosystems: From Nanogenerators to Nanopiezotronics*. *Advanced Functional Materials*. 18(22). 3553-3567.
- Yang, X., C. Shao, H. Guan, X. Li, dan J. Gong. 2004. *Preparation and Characterization of ZnO Nanofibers by using Electrospun PVA/zinc acetate Composite Fiber as Precursor*. *Inorganic Chemistry Communication*. 7. 176-178.