

KARAKTERISTIK NANOGENERATOR PIEZOELEKTRIK ZnO DOPING Co₃O₄

Lukman Nulhakim

Program Studi Teknik Mesin
Politeknik Enjinering Indorama
Email: lukman.mesin@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan unjuk kerja *nanogenerator* piezoelektrik berbasis ZnO. Metode yang digunakan untuk membuat serat ukuran nano yaitu metode elektrospinning, dimana menggunakan tegangan sebesar 15 kV dan laju aliran 2 μ l/m. Penelitian ini menggunakan variasi *doping* 1, 2 dan 3 % kobalt oksida (Co₃O₄) dari berat total CoAc-ZnAc. Ukuran serat, daya dan tegangan yang dihasilkan *nanogenerator* piezoelektrik dipengaruhi oleh variasi *doping* Co₃O₄ terhadap ZnO. Semakin besar *doping* kobalt oksida semakin besar tegangan dan daya yang dihasilkan. Pada *doping* 3 % Co₃O₄ dihasilkan ukuran serat nano mencapai 71 nm, tegangan 181,33 mV dan daya 63,71 nW.

Kata kunci: Co₃O₄, ZnO, elektrospinning, *nanogenerator*, piezoelektrik.

ABSTRACT

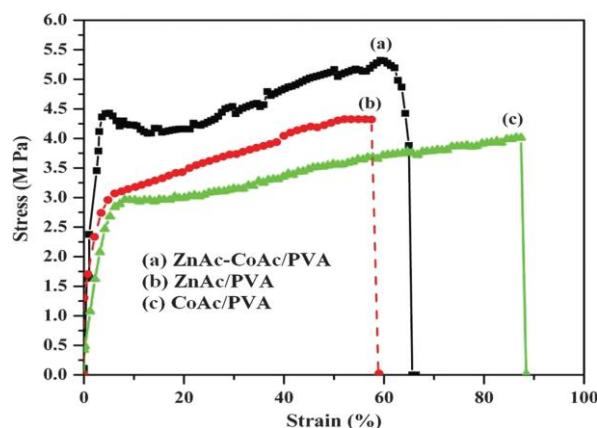
The purpose of this research is to improve the performance of ZnO-based piezoelectric nanogenerators. The method used to make nano-size fiber was electrospinning method, which uses a voltage of 15 kV and flow rate of 2 μ l / m. This study identified variations of doping of 1, 2 and 3% cobalt oxide (Co₃O₄) of total weight CoAc-ZnAc. The size of the fiber, power and voltage generated by piezoelectric nanogenerators was affected by the Co₃O₄ doping variation of ZnO. The larger the cobalt oxide doping the greater the voltage and power generated. In doping 3% Co₃O₄, the size of nano fiber reached 71 nm, voltage 181,33 mV and power 63,71 nW.

Keywords: Co₃O₄, ZnO, electrospinning, *nanogenerator*, piezoelectric.

1. PENDAHULUAN

Piezoelektrik merupakan teknologi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Piezoelektrik terjadi dikarenakan materialnya mempunyai bentuk kristal non-sentrosimetris [1]. ZnO merupakan salah satu material yang mempunyai bentuk kristal non-sentrosimetris. Material ZnO mempunyai karakteristik yang sesuai diterapkan pada *nanogenerator* piezoelektrik selain itu juga harganya yang relatif murah [2]. Metode elektrospinning dipilih untuk menghasilkan serat ukuran nano yang sebagai penghasil energi piezoelektrik [3].

Beberapa penelitian tentang *nanogenerator* dengan menggunakan material ZnO berbentuk *nanowire* telah menghasilkan tegangan 25 mV [4]. Penelitian lain tentang material ZnO berbentuk *nanorods* menggunakan *doping* Aluminium (Al) dapat menghasilkan tegangan 60 mV [5]. Penelitian tentang ZnO dengan *doping* Aluminium yang berbentuk *nanofiber* mampu menghasilkan daya sampai 38.8 nW [6]. Penelitian lain tentang *nanogenerator* ZnO *doping* dengan kobalt oksida (Co₃O₄) mampu meningkatkan nilai modulus elastisitas dari 106 MPa menjadi 217 MPa [7].

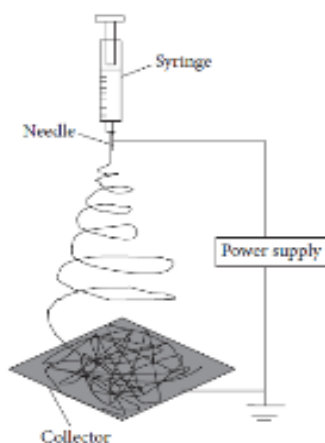


Gambar 1. Grafik Tegangan Dan Regangan ZnAc Dan CoAc [7]

Penelitian ini dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanis serat nanogenerator piezoelektrik ZnO dengan *doping* kobalt oksida (Co_3O_4), material ini dihasilkan dari material CoAc. Pemilihan material Co_3O_4 sebagai *doping* dapat meningkatkan sifat mekanis sehingga mampu meningkatkan nilai regangan terlihat pada gambar 1, diharapkan dengan nilai regangan yang meningkat dapat meningkatkan tegangan dan daya keluar pada saat pembebanan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Serbuk PVA dicampur H_2O dengan perbandingan 1:10% wt, diaduk selama 4 jam pada temperatur 70 °C dan didiamkan pada temperatur ruang selama 8 jam. Setelah itu larutan CoAc:ZnAc dengan perbandingan 1:5% wt didapatkan dengan beberapa variasi *doping* CoAc sebesar 1, 2 dan 3 % dari berat total serbuk CoAc dan ZnAc yaitu masing-masing 4 g dicampur dengan 20 g H_2O diaduk selama 1 jam pada temperatur 70 °C. Larutan CoAc:ZnAc dengan beberapa variasi dicampur lagi dengan larutan PVA perbandingan 1:4% wt dan diaduk selama 8 jam pada temperatur 70 °C, lalu didiamkan selama 24 jam pada temperatur ruang, maka dihasilkan 3 larutan bening CoAc:ZnAc:PVA yang siap untuk proses pembuatan serat nano.



Gambar 2. Mesin elektrospinning [8]

Larutan CoAc:ZnAc:PVA dengan variasi 3, 5 dan 7 % CoAc masing-masing dimasukkan ke dalam 1 ml pompa suntik untuk disintesa dengan menggunakan mesin elektrospinning agar menghasilkan serat ukuran nano (gambar 2). Dengan menggunakan tegangan tinggi DC sebesar 15 kV, dimana terminal positif dihubungkan dengan jarum pompa suntik pada jarak 8 cm horisontal terhadap pelat kolektor aluminium yang terhubung pada terminal negatif.

Larutan yang ada didalam pompa suntik mulai didorong keluar dengan laju aliran 2 $\mu\text{l}/\text{menit}$ dengan bersamaan tegangan tinggi DC dihidupkan, larutan akan tertarik oleh medan elektrostatis dan menempel dengan sendirinya pada permukaan pelat kolektor aluminium dengan ukuran 6 x 6 cm menjadi *green fibers*. Setelah itu untuk menghasilkan serat nano dilakukan sintering dengan temperatur 500 °C selama 4 jam untuk menghilangkan materi organik diantaranya PVA, karena materi organik tersebut diatas temperatur 440 °C sudah terdekomposisi seluruhnya [9].

Mengetahui kemampuan unjuk kerja piezoelektrik dilakukan penerapan beban tekan-lepas sebesar 0,5 kgf untuk mewakili kondisi terapan tekanan jari lemah [10]. Perubahan tegangan secara langsung (*realtime*) untuk menghasilkan energi listrik. Alat yang digunakan untuk membaca perubahan tegangan secara langsung yaitu akuisisi data merek ADAM *Advantech* seri 4018.

Tegangan (*Volt*) dan daya (*Watt*) yang dihasilkan *nanogenerator* piezoelektrik $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$ dengan menggunakan beberapa variasi beban tahanan (Ω) untuk mengetahui unjuk kerja *nanogenerator* piezoelektrik *doping* Co_3O_4 berbasis ZnO. Pengujian SEM juga dilakukan untuk mengetahui ukuran serat nano $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$ yang dihasilkan dari proses elektrospinning dan sintering pada temperatur 500 °C.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

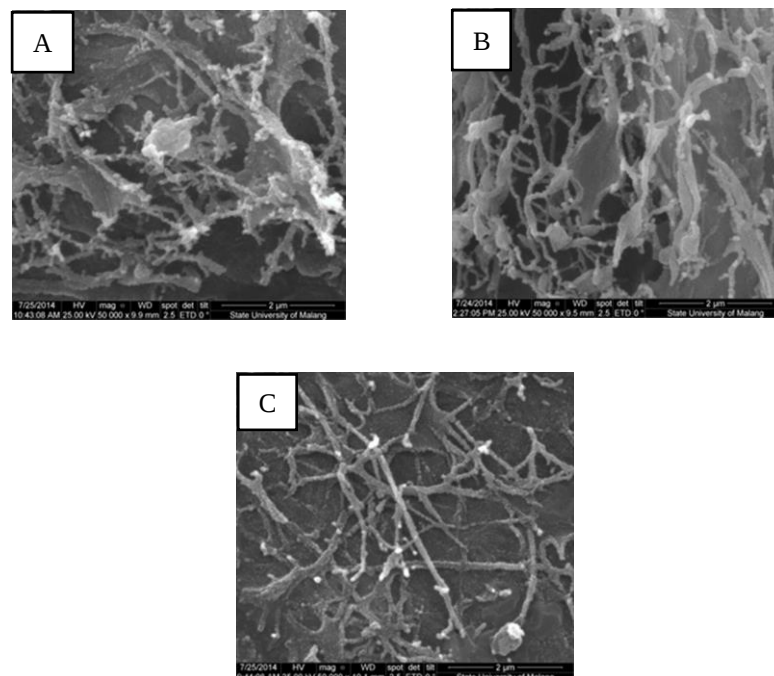
3.1 Pengujian SEM

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui serat nano material ZnO *doping* Co_3O_4 dengan pembesaran 50.000 X. Foto SEM material ZnO yang didoping Co_3O_4 terlihat pada gambar 3, dimana semakin besar *doping* Co_3O_4 pada ZnO semakin kecil serat nano yang dihasilkan dan serat yang terbentuk beberapa masih saling menyatu.

Tabel 1 menunjukkan hasil diameter serat dari ZnO *doping* Co_3O_4 . Semakin besar jumlah *doping* Co_3O_4 semakin kecil serat yang dihasilkan. Ukuran serat ZnO terkecil pada *doping* 3 % Co_3O_4 yang dihasilkan antara 71-141 nm dengan rata-rata 105 nm. Hal ini disebabkan pada saat proses elektrospinning larutan ZnAc yang mengandung CoAc mempunyai sifat regangan yang lebih tinggi dari pada tanpa menggunakan *doping* [7].

Tabel 1. Diameter serat nano ZnO *doping* Co_3O_4

Diameter serat (nm)	Doping Co_3O_4 (%)		
	1	2	3
Maksimum	160	153	141
Minimum	80	74	71
Rata-rata	124	117	105



Gambar 3. Foto SEM ZnO Dengan *Doping* Co_3O_4 ; a). 1%, b). 2%, dan c). 3%

3.2 Pengujian Unjuk Kerja Nanogenerator Piezoelektrik

Penerapan beban tekan-lepas sebesar 0,5 kgf setiap 3 detik per siklus dilakukan untuk pengujian unjuk kerja *nanogenerator* $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa variasi hambatan ($\text{M}\Omega$) dengan mengamati perubahan tegangan (mV) dan daya (nW) yang dihasilkan oleh *nanogenerator* piezoelektrik $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$. Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan besarnya tegangan dan daya yang dihasilkan oleh *nanogenerator* piezoelektrik $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$. Material piezo merupakan suatu material jika diberi beban dapat mengeluarkan energi listrik. Pada saat pembebanan dilakukan secara berkelanjutan sebesar 0,5 kgf, dimana tegangan yang dihasilkan oleh *nanogenerator* piezoelektrik $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$ tergantung dari beban tahanan yang diberikan. Pada penelitian ini pembebanan dilakukan pada 0 $\text{M}\Omega$ sampai 1 $\text{M}\Omega$ terjadi peningkatan tegangan dan daya, tetapi daya yang dihasilkan setelah pembebanan 1 $\text{M}\Omega$ terjadi penurunan yang sangat signifikan terlihat pada gambar 4 dan 5.

Tabel 2. Tegangan *nanogenerator* piezoelektrik $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$

<i>Hambatan ($\text{M}\Omega$)</i>	<i>Doping Co_3O_4 (%)</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
0	0,00	0,00	0,00
0,001	1,41	1,43	1,46
0,005	5,07	5,13	5,48
0,01	13,41	13,98	14,20
0,05	33,85	34,48	34,24
0,1	61,74	63,02	77,72
0,5	113,80	115,13	124,02
1	143,41	144,41	150,93
2	174,26	176,11	180,76
3	175,39	177,66	178,35
4	174,13	176,86	180,98
5	170,98	174,89	175,02
6	168,52	170,46	175,46
7	165,76	168,70	169,65
8	167,43	169,52	171,57
9	162,28	165,20	167,17
10	174,98	180,22	181,33

Tabel 3. Daya nanogenerator piezoelektrik Co₃O₄-ZnO

<i>Hambatan (MΩ)</i>	<i>Doping Co₃O₄ (%)</i>		
	3	5	7
0	0,00	0,00	0,00
0,001	2,45	2,50	2,67
0,005	5,94	6,29	6,40
0,01	18,52	19,28	20,81
0,05	23,15	24,68	24,70
0,1	39,61	43,11	63,71
0,5	25,55	26,24	31,02
1	20,11	20,37	22,32
2	14,88	15,19	16,00
3	10,04	10,30	10,40
4	7,42	7,63	8,03
5	5,71	5,98	6,02
6	4,63	4,73	5,01
7	3,83	3,97	4,01
8	3,43	3,51	3,60
9	2,91	3,04	3,12
10	3,01	3,20	3,23

Pada *doping* 1, 2 dan 3 % Co₃O₄, tegangan dan daya yang dihasilkan mengalami peningkatan hingga 181,33 mV dan 63,71 nW. Hasil tersebut masih lebih besar daripada penelitian sebelumnya yang menggunakan piezoelektrik dengan lapisan tipis ZnO mampu menghasilkan tegangan kurang dari 20 mV pada pembebanan kurang dari 0,4 kg dan kurang dari 60 mV pada pembebanan antara 0,4 kg sampai 1 kg [4]. Dan juga masih lebih besar dari penelitian lain yang menghasilkan daya sebesar 38.8 nW dengan menggunakan *doping* Al [6].

4. KESIMPULAN

Tegangan dan daya terbesar yang dihasilkan *nanogenerator* piezoelektrik Co₃O₄-ZnO terdapat pada *doping* 3 % Co₃O₄ sebesar 181,33 mV dan 63,71 nW. Ukuran serat nano yang dihasilkan dari *doping* 3 % Co₃O₄ pada ZnO mengecil sampai 71 nm dengan rata-rata sebesar 105 nm, adanya *doping* Co₃O₄ membuat serat nano mengecil yang mengakibatkan tegangan dan daya yang dihasilkan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Haertling, G.H., 1999, *Ferroelectric Ceramics: History and Technology*, pp. 797-818.
- [2] He, J.-H., Liu, Y., Mo, L.-F., Wan, Y.-Q., and Xu, L., 2008, *Electrospun Nanofibres and Their Applications*.
- [3] Lipol, L.S., Md. Moshir Rahman., 2016, *Electrospinning and Electrospun Nanofibers*, World Journal of Nano Science and Engineering, Vol 6 pp. 45-50.
- [4] Wang, Z.L., Wang, X., Song, J., Liu, J., and Gao, Y., 2008, *Piezoelectric Nanogenerators for Self-Powered Nanodevices*, Vol 7.
- [5] Fang, T.-H., and Kang, S.-H., 2010, *Physical Properties of ZnO:Al Nanorods for Piezoelectric Nanogenerator Application*, Current Nanoscience, Vol. 6, pp 1-7. Haertling, G.H., 1999, *Ferroelectric Ceramics: History and Technology*, pp. 797-818.
- [6] Sholahuddin, I., 2013, *Fabrikasi Nanogenerator ZnO Dan AZO Berbasis Serat Nano Dengan Metode Elektrospinning*. Universitas Sebelas Maret.
- [7] Kanjwal, M.A., Sheikh, F.A., and Barakat. N.A.M., 2011, *Co₃O₄-ZnO Nanofiber Their Properties*, Journal Nanoengineering and Nanomanufacturing, Vol. 1 pp. 196-202.
- [8] Xiaomin Shi., Weiping Zhou., Delong Ma., Qian Ma., Denzel Bridges., Ying Ma., and Anming Hu., 2015, *Review Article Electrospinning of Nanofibers and Their Applications for Energy Devices*, Journal of Nanomaterials, pp 1-20.

- [9] Yang, X., Shao, C., Guan, H., Li, X., and Gong, J., 2004, *Preparation and Characterization of ZnO Nanofibers by Using Electrospun PVA/Zinc Acetate Composite Fiber as Precursor*, Inorganic Chemistry Communications, Vol. 7 pp. 176-178.
- [10] Choi, D., Lee, K.Y., Lee, K.H., Kim, E.S., Kim, T.S., Lee, S.Y., et al., 2010, *Piezoelectric Touch-Sensitive Flexible Hybrid Energy Harvesting Nanoarchitectures*, Nanotechnology, Vol. 21 (40), pp. 405-503.