



PENGARUH WAKTU PUTAR SPIN COATING TERHADAP SIFAT LISTRIK DAN OPTIK LAPISAN TIPIS NANOKOMPOSIT PVA/ZNO

Abdillah Faiz Indratama¹, Aurisa Prastika², Fathi Ibrahim³, Miftahul Khoiri⁴, Satria Muhammad Saglan⁵, Wan Rizti Fadila⁶, Abrar Ismardi^{7*}, Muhammad Nasir⁸, Hakimin Abdullah⁹

^{1,2,3,4,5,6,7}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

⁸Loka Penelitian Teknologi Bersih, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

⁹Advanced Materials Research Cluster, Faculty of Bioengineering and Technology, University Malaysia Kelantan.

*Alamat Korespondensi: abrarselah@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Penelitian mengenai pengaruh waktu putar dari metode spin coating terhadap sifat listrik dan optik lapisan tipis nanokomposit PVA/ZnO telah dilakukan. Penelitian ini dilakukan dengan kecepatan 1000 rpm selama 30, 60, dan 90 detik dan dikeringkan pada suhu 55°C. Karakterisasi SEM menunjukkan banyak terjadi aglomerasi dan SEM cross section menunjukkan ketebalan 2076 nm, 2771 nm, dan 2216 nm. Karakterisasi XRD menunjukkan lapisan tipis nanokomposit PVA/ZnO bersifat semi kristalin yang menunjukkan struktur heksagonal pada ZnO. Nanokomposit PVA/ZnO memiliki nilai energi gap sebesar 3.32 eV dengan nilai maksimum absorbansi 0,228 pada waktu putar 60 detik dan nilai minimum absorbansi 0,076 pada waktu putar 90 detik setelah melakukan pengKarakterisasian UV-Vis. Karakterisasi sifat listrik menggunakan Keithley 2400 dengan pengamatan kurva I-V menunjukkan bahwa sampel lapisan tipis nanokomposit PVA/ZnO bersifat isolator.

© 2021 Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI

Kata kunci: Nanokomposit PVA/ZnO, SEM, spin coating, UV-Visible, XRD.

PENDAHULUAN

Polimer nanokomposit akhir-akhir ini menarik banyak perhatian peneliti dalam mengembangkan nanoteknologi, hal ini didasari oleh keunggulan polimer dalam struktur fleksibilitas, proses fabrikasi, pengaturan sifat seperti fotokonduktivitas, luminesensi efisien, dan potensi semikonduktor (Alhoshan et al., 2010). Penggunaan dari polimer nanokomposit banyak digunakan dalam bidang optoelektronik dan teknologi fotonik [2] (Aslam et al., 2018) dikarenakan material polimer nanokomposit mudah di doping dengan bahan lain. Salah satu contoh polimer nanokomposit yang sering didoping adalah ZnO, TiO₂, Ag, Au, dan lain lain, untuk mendapati sifat optik dan listrik yang diinginkan (Aziz et al., 2017; Kandulna & Choundhary, 2017; Porel et al., 2007).

ZnO adalah salah satu jenis material yang diunakan dalam polimer nanokomposit dalam pembuatan perangkat

optik. ZnO dapat dikategorikan sebagai semikonduktor logam oksida dan memiliki bandgap 3,37eV pada suhu ruangan. ZnO juga memiliki energi pengikat eksiton 60 meV sehingga cocok untuk dijadikan perangkat optoelektronik pada wilayah UV dan perangkat tampilan optik dikarenakan sifat optik yang dimiliki cukup bagus (Kumar et al., 2015). Salah satu aplikasinya dalam bidang optik adalah dioda pemancar cahaya biru, dioda pemancar cahaya UV, konduktor elektroda dalam sel surya, sensor gas, sensor kimia, dan biosensor yang direkayasa sehingga memiliki struktur nanokomposit yang bagus seperti nanowires, nanorods, nanobelts, nanoneedles dan nanosheets (Viswanath, 2016).

Material sensor optik yang menggunakan ZnO perlu adanya penguatan dalam sifat mekanik. Agar terperolehnya penguatan mekanik maka diperlukannya matriks yang berperan

sebagai rangka pada nanokomposit tersebut. Matriks pada nanokomposit terdapat tiga jenis sesuai material yang digunakan yaitu metal, keramik, dan polimer.

Polimer yang cocok digunakan sebagai matriks untuk ZnO adalah Polyvinyl alcohol (PVA) karena memiliki kelebihan sebagai polimer yang biodegradasi, tidak beracun, dan biokompatibel (Lee et al., 2008; Sreeja et al., 2013). Selain hal tersebut PVA juga memiliki band gap 5,38 eV sehingga membuatnya bersifat polimer konduktif, hal ini menjadikan PVA memiliki peluang menjadi material optoelektronik (Aslam et al., 2018). Penggunaan filler ZnO pada matriks PVA juga dapat meningkatkan kekuatan tarik, perpanjangan ketika putus dan konstanta konduktivitas AC dielektrik sehingga dapat menciptakan material yang fleksibel terhadap tekanan sebagai dijadikan penyusun suatu peragkat seperti sensor (Chamankar et al., 2020).

Jenis-jenis fabrikasi nanokomposit PVA/ZnO yang menghasilkan lapisan tipis antara lain adalah Electron beam evaporation, teknik sputtering, dip coating, spin coating, dll. Metode spin coating merupakan teknik yang sering digunakan dalam pembuatan lapisan tipis nanokomposit dikarenakan kemudahannya dalam mengatur ketebalan dari lapisan tipis hanya dengan mengatur beberapa parameter seperti kecepatan dan waktu coating (Jilani et al., 2017).

Pada penelitian Fitriani (2017) dalam fabrikasi lapisan tipis pasta ZnO dengan merubah parameter suhu dan waktu spin coating dan konsentrasi pembuatan pasta ZnO menggunakan PVA dan ZnO dengan perbandingan 1:1. Suhu yang digunakan adalah 400°C, 500°C, dan 600°C sedangkan waktu yang digunakan 4 menit dan 6 menit, dimana menghasilkan nilai absorbansi maksimal pada suhu 400°C dengan waktu 6 menit di panjang gelombang 208,22 nm sebesar 0,944 dan nilai absorbansi minimum pada suhu 500°C dengan waktu 4 menit di panjang gelombang 254,05 nm yaitu 0,198 (Fitriani & Handani, 2017).

Diharapkan pada penelitian ini dengan merubah parameter waktu dengan kecepatan yang tetap spin coating dapat menghasilkan lapisan tipis nanokomposit PVA/ZnO dengan ketebalan yang menghasilkan keuntungan sifat listrik dan sifat optik yang pada akhirnya memenuhi syarat menjadi material sensor optik yang fleksibel.

METODE

1. Sintesis Nanokomposit PVA-ZnO

PVA dilarutkan ke dalam 5 mL aquades dengan konsentrasi 10% w/v kemudian diaduk di atas magnetic stirrer dengan suhu 45°C selama 2 jam. Kemudian ZnO nanopowder dengan konsentrasi 1% w/v ditambahkan ke dalam larutan PVA dan dilakukan pengadukan selama 2 jam pada suhu ruang untuk menghasilkan larutan nanokomposit PVA/ZnO. Dilanjutkan proses sonikasi selama 30 menit untuk memastikan ZnO tersebar merata. Larutan nanokomposit PVA/ZnO di deposisi diatas substrat kaca menggunakan metode spin coating dengan variasi waktu putar 30, 60, dan 90 detik.

2. Karakterisasi Nanokomposit PVA/ZnO

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui sifat nanokomposit PVA/ZnO. Karakterisasi yang dilakukan berupa SEM-EDX, XRD, dan UV- vis.

3. Pengukuran Sifat Listrik

Karakterisasi sifat listrik menggunakan alat Keithley 2400 dengan terlebih dahulu melakukan preparasi sampel. Sampel diletakkan pada pcb yang sudah diberi elektroda berupa pasta perak dan dihubungkan dengan keithley yang sudah terhubung dengan laptop. Pengukuran sifat listrik menggunakan keithley dengan memberi tegangan pada sampel untuk mendapatkan nilai arus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Sintesis Lapisan Tipis Nanokomposit PVA/ZnO

Pada proses *spin coating* untuk mendapati variasi 3 sampel lapisan tipis nanokomposit PVA/ZnO dilakukannya

beberapa step yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Proses <i>Spin Coating</i>			
FT 1			
Step	Ramp (s)	Pick Dwell (s)	RPM
0	20	10	600
1	20	10	700
2	20	30	1000
3	20	10	650
FT 2			
Step	Ramp (s)	Pick Dwell (s)	RPM
0	20	10	600
1	20	10	700
2	20	60	1000
3	20	10	650
FT 3			
Step	Ramp (s)	Pick Dwell (s)	RPM
0	20	10	600
1	20	10	700
2	20	90	1000
3	20	10	650

Hasil variasi sampel dengan spin coating menghasilkan sampel lapisan tipis nanokomposit PVA/ZnO dengan warna putih transparan yang ditunjukkan pada Gambar 1, warna putih transparan tersebut

berasal dari pelarutan bubuk ZnO nano. Setelah spin coating sampel dikeringkan untuk memaksimalkan penguapan larutan.



Gambar 1. (a) Sampel FT 1, (b) Sampel FT 2, (c) Sampel FT 3

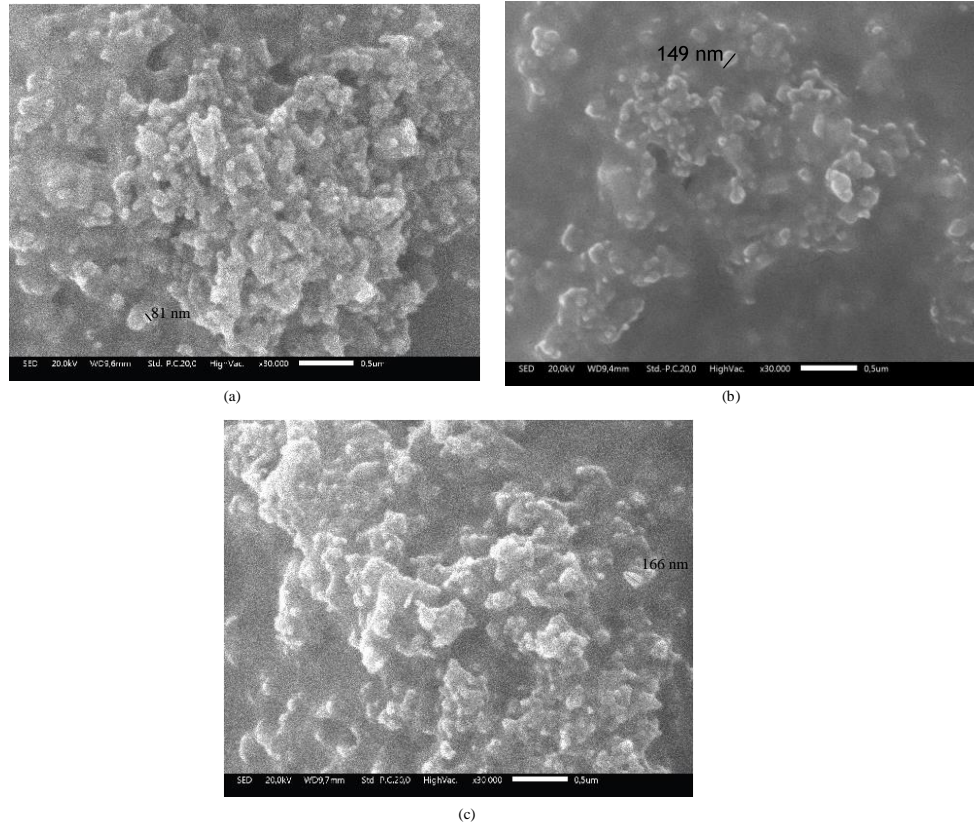
3.2. Hasil Scanning Electron Microscope (SEM)

Uji morfologi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) ditunjukkan pada Gambar 2. Gambar menunjukkan nanopartikel dari sampel lapisan tipis

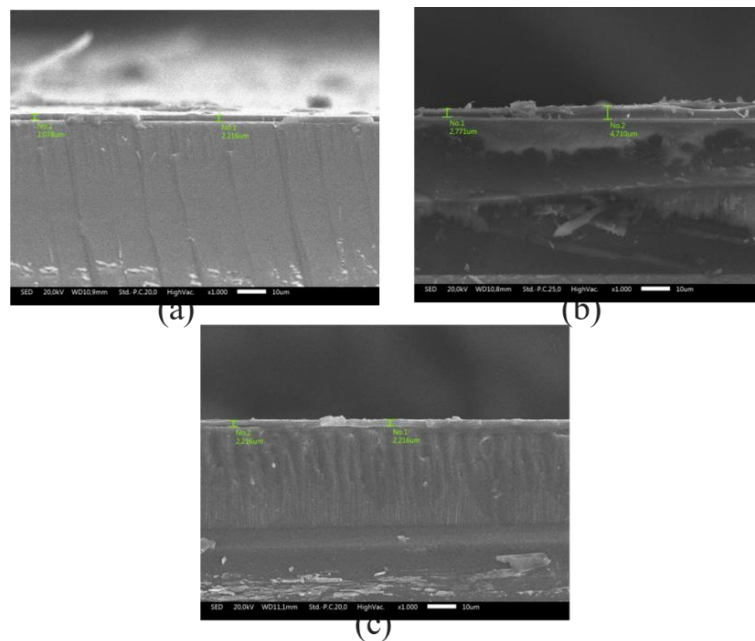
nanokomposit PVA/ZnO dimana terdapat aglomerasi pada sampel. Tiga sampel lapisan tipis nanokomposit PVA/ZnO kemudian dilakukan karakterisasi morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil SEM tertera

pada Gambar 2 menunjukkan gambar nanopartikel dari lapisan tipis nanokomposit PVA/ZnO. Dari gambar SEM menunjukkan aglomerasi pada semua sampel lapisan

tipis nanokomposit PVA/ZnO, untuk partikel yang dapat dilihat pada sampel FT 1 terdapat nanopartikel berukuran 81 nm, FT 2 149 nm, dan FT 3 166 nm.



Gambar 2. Hasil Pengukuran SEM 30000x Perbesaran (a) sampel FT 1; (b) sampel FT 2; (c) sampel FT 3.



Gambar 3. Hasil Pengukuran *cross section* (a) sampel FT 1; (b) sampel FT 2; (c) sampel FT 3.

Hasil dari SEM cross section pada Gambar 3 dan pengukurannya menghasilkan ketebalan sampel FT 1 memiliki ketebalan 2076 nm, FT 2 ketebalan 2771 nm, dan FT 3 ketebalan 2216 nm. Dari hasil cross section dapat diketahui bahwa pengaruh parameter waktu spin coating yaitu semakin lama waktu maka semakin tebal lapisan tipis yang didapati, ada pula waktu optimal

dalam mendapati ketebalan yang lebih tebal yaitu pada waktu 60 detik.

3.3. Hasil Pengukuran EDX

Hasil pengukuran EDX diperlihatkan pada Tabel 2, dimana hasil menunjukkan komposisi atom pada lapisan tipis nanokomposit PVA/ZnO adalah C, O, Si, Ca, dan Zn.

Tabel 2. Hasil Pengukuran EDX Sampel FT 1, FT 2, dan FT 3

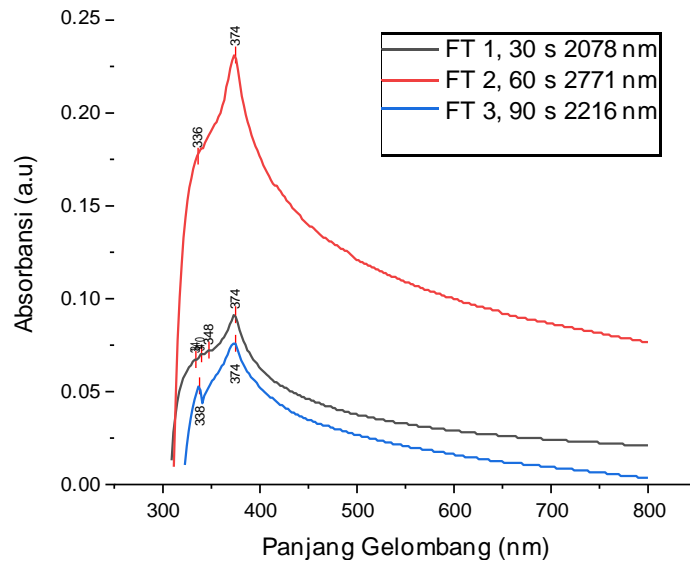
FT1							
Element	Line Type	Apparent Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Atomic %	Standard Label
C	K series	38.47	0.38472	61.30	0.44	71.03	C Vit
O	K series	26.86	0.09037	27.59	0.42	23.99	SiO2
Si	K series	25.39	0.20122	8.61	0.11	4.27	SiO2
Ca	K series	4.00	0.03570	1.34	0.05	0.47	Wollastonite
Zn	K series	2.77	0.02769	1.16	0.12	0.25	Zn
Total:				100.00		100.00	
FT2							
Element	Line Type	Apparent Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Atomic %	Standard Label
C	K series	15.26	0.1526	61.11	0.7	70.63	C Vit
O	K series	10.83	0.03644	28.25	0.67	24.51	SiO2
Si	K series	9.94	0.07873	8.55	0.17	4.23	SiO2
Ca	K series	1.63	0.01454	1.39	0.08	0.48	Wollastonite
Zn	K series	0.66	0.00661	0.71	0.18	0.15	Zn
Total:				100.00		100.00	
FT3							
Element	Line Type	Apparent Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Atomic %	Standard Label
C	K series	42.38	0.42378	62	0.43	71.21	C Vit
O	K series	28.09	0.09453	28.4	0.42	24.49	SiO2
Si	K series	22.65	0.17949	7.57	0.1	3.72	SiO2
Ca	K series	3.73	0.03328	1.23	0.05	0.42	Wollastonite
Zn	K series	1.92	0.01923	0.8	0.11	0.17	Zn
Total:				100.00		100.00	

Dari hasil EDX menunjukkan terdapat atom unsur lain yang terkandung yaitu Ca dan Si.

3.4. Hasil Pengukuran Spektroskopi UV-Vis

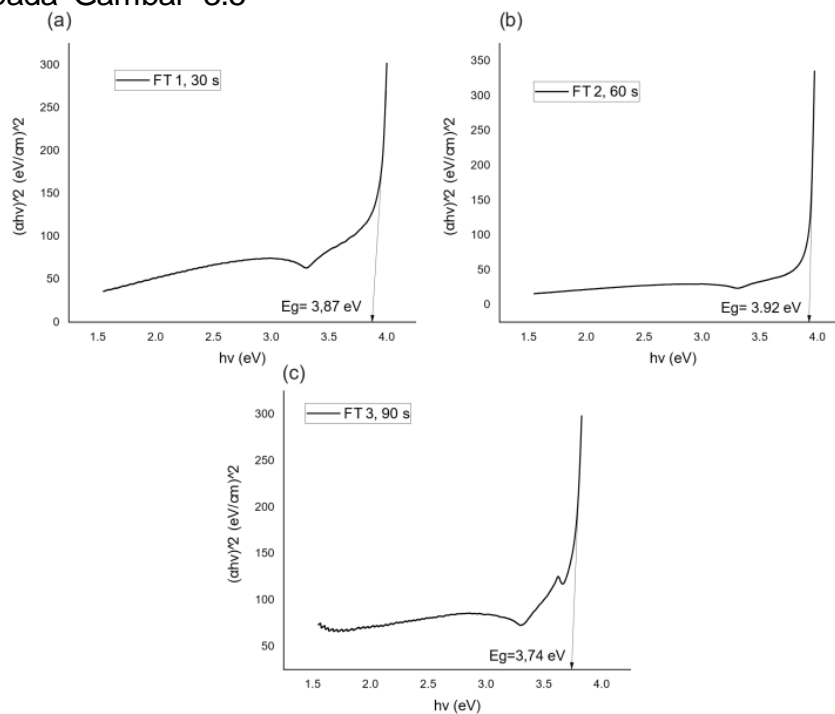
Hasil Pengukuran UV-Visible dari lapisan tipis nanokomposit PVA/ZnO ditunjukkan pada Gambar 4. Dimana puncak absorpsi dari 3 sampel tidak

terdapat pergeseran yaitu pada panjang gelombang 374 nm. Untuk mendapati nilai band gap dilakukannya analisis menggunakan metode tauc plot yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan nilai energi gap yang bersesuaian dengan panjang gelombang cutt-off terdapat pada Tabel 3.



Gambar 4. Hasil Pengukuran Spektroskopi UV-Vis

Hasil dari analisa metode tauc plot diperlihatkan pada Gambar 3.5



Gambar 5. Grafik *Band Gap* Analisis Metode Tauc Plot (a) Sampel FT 1, (b) Sampel FT 2, (c) Sampel FT 3

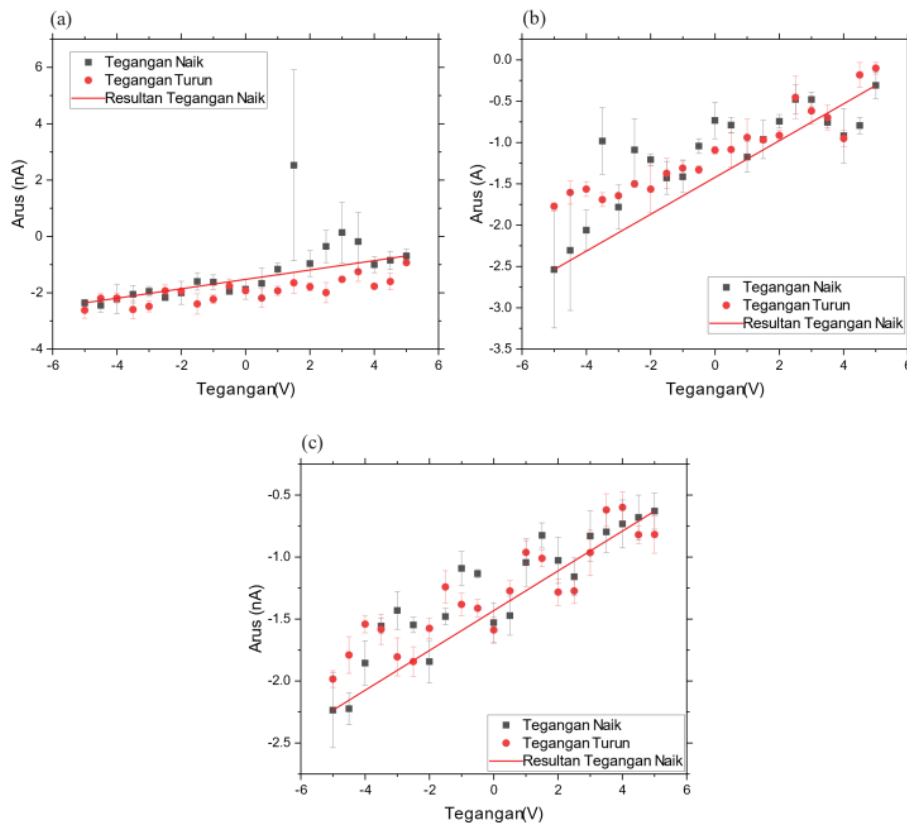
Tabel 3. Energi Gap dan nilai absorbansi Sampel Lapisan Tipis PVA/ZnO nanokomposit yang Disesuaikan dengan Panjang Gelombang Cut-Off dan ketebalan

Sampel	Ketebalan (nm)	Absorbansi (a.u)	$\lambda_{cut-off}$ (nm)	Eg (eV)
FT 1	2078	0.091	374	3,87
FT 2	2771	0.231	374	3,92
FT 3	2216	0.076	374	3,74

Hasil dari analisa metode tauc plot menunjukkan nilai band gap maksimal pada sampel FT 2 dengan nilai 3,92 eV dan nilai band gap minimal pada FT 3 dengan nilai 3,72 eV.

3.5. Hasil Pengukuran Sifat Listrik IV Keithley

Hasil Pengukuran Sifat Listrik kurva I- V dituangkan pada Gambar 3.7.



Gambar 6. Kurva I-V sampel lapisan tipis PVA/ZnO nanokomposit (a) Sampel FT 1;(b) Sampel FT 2; (c) Sampel FT 3

Dari Gambar 6 terlihat jika resultan dari kurva menunjukkan linear atau kurva ohmic yang mana arus terbaca berskala nano dan memiliki nilai dibawah 0, berkesimpulan bahwa sampel bersifat isolator. Hasil ini dapat terjadi dikarenakan substrat yang digunakan adalah substrat kaca yang bersifat isolator.

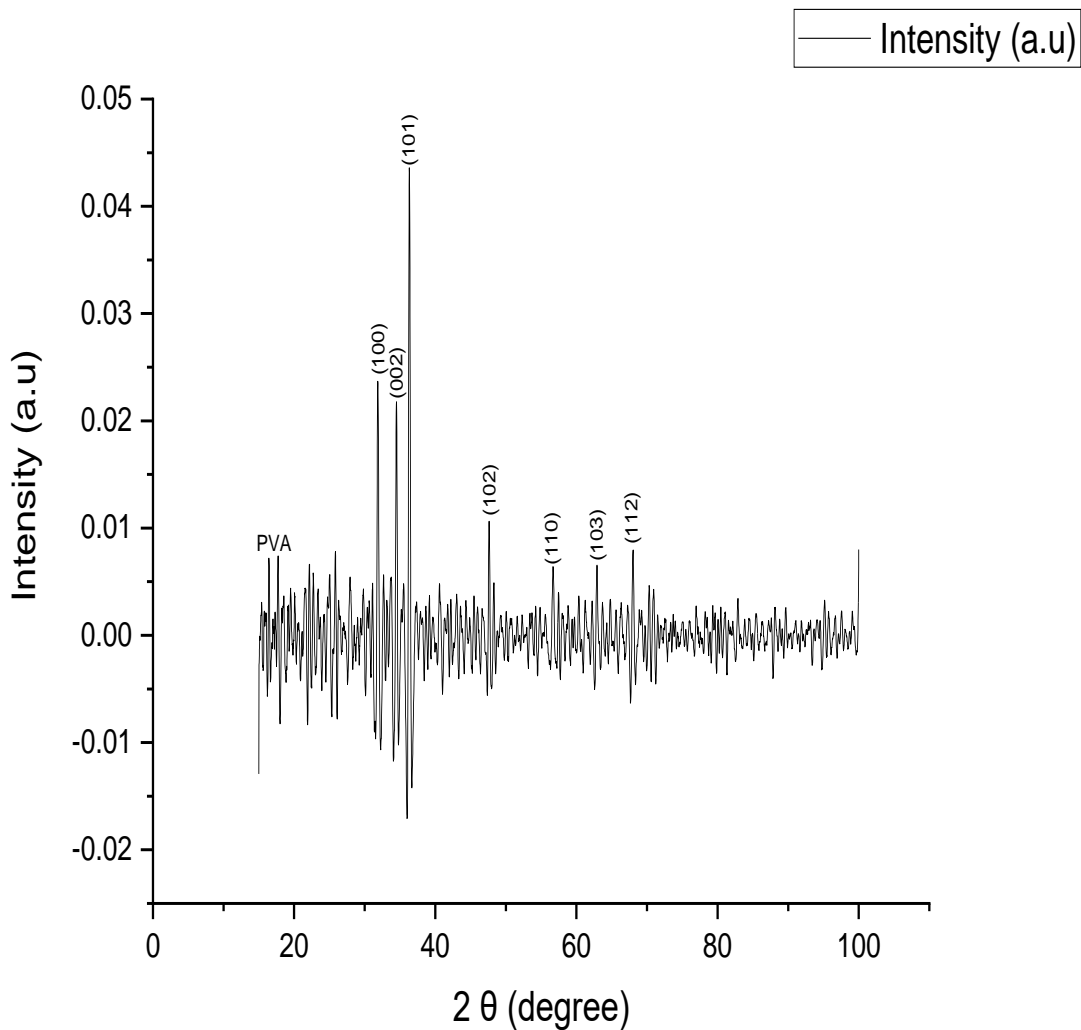
Kurva arus dan tegangan pada Gambar 6 dapat dianalisis untuk mendapati nilai resistansi dimana nilai resistansi pada sampel FT 1 sebesar $1,80 \times 10^9$, FT 2 sebesar $1,94 \times 10^9$, dan FT 3 sebesar $2,16 \times 10^9$. Dari nilai resistansi dapat menghitung nilai resistivitas dan konduktivitas yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Resistivitas dan Konduktivitas Lapisan Tipis Nanokomposit PVA/ZnO

Jarak Silver Paste (mm)	Ketebalan (nm)	A (m ²)	L(mm)	$\rho(\Omega)$	Konduktivitas (Ω^{-1})
2,06	2078	4,28068x10 ⁻⁹	4,033	1,91X10 ³	5,23X10 ⁻⁴
1,527	2771	4,23132X10 ⁻⁹	2,798	2,94X10 ³	3,41X10 ⁻⁴
1,855	2216	4,11068X10 ⁻⁹	3,302	2,68X10 ³	3,72X10 ⁻⁴

3.6. Hasil Pengukuran Kristalinitas X-Ray Diffraction (XRD)

Hasil XRD sampel FT 2 ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil *Substract* Data XRD Sampel FT 2

Dilihat dari Gambar 7 bahwa sampel FT 2 terdapat 7 peak. Besar kristal yang bersesuaian dengan nilai peak dan bidang hkl ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Ukuran Kristal Sampel FT 2

JCPDS No. 36-1451		PVA/ZnO Nanokomposit		FWHM	D (nm)
hkl	θ	hkl	θ		
(100)	31,77°	(100)	31,8563°	0,19768	40,187
(002)	34,422°	(002)	34,5077°	0,17771	44,703
(101)	36,253°	(101)	36,323°	0,20296	39,142
(102)	47,539°	(102)	47,5985°	0,22572	35,195
(110)	56,603°	(110)	56,6956°	0,22892	34,703
(103)	62,864°	(103)	62,9284°	0,27588	28,796
(112)	67,963°	(112)	68,0114°	0,19479	40,783
				Rata-Rata	42,5 15

Hasil pengukuran XRD pada sampel lapisan tipis PVA/ZnO nanokomposit FT 2 menunjukkan bahwa sampel lapisan tipis nanokomposit PVA/ZnO bersifat semi kristalin dikarenakan puncak-puncak difraksi yang kecil dengan stuktur heksagonal pada ZnO.

PENUTUP

Lapisan tipis nanokomposit PVA/ZnO telah disiapkan pada substrat kaca dengan metode spin coating berdasarkan variasi waktu berupa 30 detik, 60 detik, dan 90 detik hingga diperoleh hasil ketebalan sebesar 2076 nm, 2771 nm, dan 2216 nm untuk masing-masing variasi waktu. Analisis struktural menunjukkan terjadinya aglomerasi yang disebabkan tambahan nanopartikel ZnO pada matrikPVA. Sementara ukuran rata-rata partikel ZnO pada lapisan tipis PVA/ZnO sekitar 42,515 nm berdasarkan analisis XRD. Konduktivitas listrik menurun seiring dengan bertambahnya ketebalan lapisan tipis PVA/ZnO. Dan nilai celah pita menunjukkan peningkatan dengan

meningkatnya ketebalan lapisan tipis PVA/ZnO.

UCAPAN TERIMA KASIH (OPSIONAL)

Terima kasih yang sangat besar kami kepada Pa Muhammad Nasir dan asisten Loka Penelitian Teknologi Bersih, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia yang telah memberikan masukan dan saran pada penelitian ini, serta Pa Abrar untuk diskusi, dan Program Studi Teknik Fisika Telkom Bandung yang telah meminjamkan fasilitas untuk pengerjaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhoshan, M., S. Alsali, M., Aldwayyan, A., & Ansari, A. (2010). Prospects of Nanotechnology in Clinical Immunodiagnosics. *Sensor*, 10, 6538.
- Aslam, M., Kalyar, M., & Raza, Z. (2018). Polyvinyl Alcohol: A Review of Research Status and Use of Polyvinyl Alcohol Based Nanocomposites. *POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE*, 11.

- Aziz, S., Abdullah, O. G., & Rasheed, M. (2017). A novel polymer composite with a small optical band gap: New approaches for photonics and optoelectronics. *Journal of Applied Polymer Science*, 134, 3.
- Chamankar, N., Khajavi, R., Yousefi, A., & Rashidi, A. (2020). A flexible piezoelectric pressure sensor based on PVDF nanocomposite fibers doped with PZT particles for energy harvesting applications. *Ceramics International*(46).
- Fitriani, & Handani, S. (2017). Pengaruh Temperatur dan Waktu Putar Terhadap Sifat Optik Lapisan Tipis ZnO yang Dibuat dengan Metode Sol-Gel Spin Coating. *Jurnal Fisika Unand*, 6(2), 158.
- Jilani, A., Abdel-wahab, M., & Hammad, A. (2017). Advance Deposition Techniques for Thin Film and Coating. In *Modern Technologies for Creating the Thin-film Systems and Coatings* (p. 144). IntechOpen.
- Kandulna, R., & Choundhary, R. (2017). Concentration-dependent behaviors of ZnO-reinforced PVA–ZnO nanocomposites as electron transport materials for OLED application. *Polym. Bull.*, 3.
- Kumar, A., Nagaraja, K., & Nagaraja, H. (2015). Polymer assisted preparation and characterization of ZnO and Sn doped ZnO nanostructures. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 73, 1.
- Lee, J., Bhattacharyya, D., Easteal, A., & Metson, J. (2008). Properties of nano-ZnO/poly(vinyl alcohol)/poly(ethylene oxide) composite thin films. *Current Applied Physics*, 8, 43.
- Porel, S., Venkatram, N., Rao, D., & Radhakrishnan, T. (2007). In Situ Synthesis of Metal Nanoparticles in Polymer Matrix and Their Optical Limiting Applications. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 7(6), 1887.
- Sreeja, S., Sreedhanya, S., Smijesh, N., Philip, R., & Muneera, C. (2013). Organic dye impregnated poly(vinyl alcohol) nanocomposite as an efficient optical limiter: structure, morphology and photophysical properties. *Journal of Materials Chemistry C*, 2.
- Viswanath, V. (2016). ZnO-PVA nanocomposite films for low threshold optical limiting applications. *American Institute of Physics*, 1620, 604-610.