



STUDI KASUS MORFOLOGI NANOFIBER POLIVINIL ALKOHOL (PVA) TERHADAP HIDROFOBISITAS PERMUKAAN YANG DINILAI DENGAN PENGUKURAN SUDUT KONTAK

Yoga Maharesha Berly¹, Tumpal Ojahan Rajagukguk^{2*}, Yusup Hendronursito³

^{1,2}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malahayati, Lampung.

²Pusat Riset Teknologi Pertambangan, Organisasi Riset Nanoteknologi dan Material, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Lampung

Corresponden Email : tumpal_ojahan@malahayati.ac.id

Abstract

Nanofiber is a fiber measuring nanometers to micrometers, often used in the medical, energy, filtration, and other fields. The formation of nanofiber with the main ingredient, namely Polyvinyl Alcohol (PVA), this is because of its biodegradable, biocompatible, and chemically stable properties, but has the weakness of being easily degraded when in contact with water. This study examines the effect of electrospinning parameters on the morphology of 10% w/v PVA nanofiber, with parameters namely voltage of 10 and 12 kV, nozzle-collector distance of 10 and 15 cm. Morphological testing was carried out using a Field Emission-Scanning Electron Microscope (FE-SEM) and Contact Angle (CA) test. The test results show that PVA nanofiber has a fiber diameter with a value of NFZ.1; 80 - 406 nm, NFZ.2; 61.7 - 248.9 nm, with a continuous fiber structure and without significant defects, the resulting contact angle value of NFZ.1; 50.05° and NFZ.2; 38.75°, the contact angle value of NFZ.1 is higher than NFZ.2. The nanofiber with the smallest diameter is NFZ.2 and the largest contact angle value is NFZ.1. The results of this research show that the morphology of nanofiber significantly influences the contact angle value.

Keywords: Nanofiber, PVA, Electrospinning, Voltage, Distance, Morphology, Contact Angle

Abstrak

Nanofiber merupakan serat yang berukuran nanometer hingga mikrometer, sering digunakan di bidang medis, energi, filtrasi, dan lain sebagainya. Pembentukan nanofiber dengan bahan utama yaitu Polyvinyl Alcohol (PVA), hal ini karena sifat biodegradable, biokompatibel, dan stabil secara kimia, namun memiliki kelemahan mudah terdegradasi ketika kontak dengan air. Penelitian ini mengkaji pengaruh parameter electrospinning terhadap morfologi nanofiber PVA 10% w/v, dengan parameternya yaitu tegangan 10 dan 12 kV, jarak nozzle-kolektor 10 dan 15 cm. Pengujian morfologi dilakukan dengan Field Emission-Scanning Electron Microscope (FE-SEM) dan uji sudut kontak. Hasil pengujian menunjukkan nanofiber PVA memiliki diameter serat dengan nilai yaitu NFZ.1; 80 - 406 nm dan NFZ.2; 61,7 - 248,9 nm, dengan struktur serat yang kontinu dan tanpa cacat signifikan, nilai sudut kontak yang dihasilkan NFZ.1; 50,05° dan NFZ.2; 38,75°, nilai sudut kontak NFZ.1 lebih tinggi dibandingkan NFZ.2. Nanofiber dengan diameter terkecil yaitu NFZ.2 dan nilai sudut kontak terbesar yaitu NFZ.1. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa morfologi dari serat nano sangat mempengaruhi nilai sudut kontak.

Kata Kunci: Nanofiber, PVA, Electrospinning, Voltage, Distance, Morphology, Contact Angle

PENDAHULUAN

Nanofiber merupakan serat dengan rentang ukuran diameter antara 100 hingga 500 nm (Subbiah et al., 2005). *Nanofiber* banyak digunakan di bidang energi, medis/kedokteran, bioteknologi, pemurnian air dan lain sebagainya (Nasir, 2013). *Nanofiber* dibentuk dengan menggunakan metode *electrospinning*, *electrospinning* merupakan teknik yang cukup murah dan sederhana dalam pembuatan *nanofiber*, *electrospinning* merupakan proses yang cukup efisien dengan memanfaatkan pengaruh medan listrik dalam menghasilkan serat (Wahyudi & Sugiyana, 2011). Bahan baku pembuatan serat berukuran nano yang paling umum adalah bahan polimer, salah satu bahan polimer

yang paling sering digunakan yaitu *Polyvinyl Alcohol* (PVA) (Patil et al., 2017). Dalam beberapa penelitian, semakin tinggi tegangan yang digunakan saat proses *electrospinning* akan menghasilkan serat nano dengan diameter yang kecil dan semakin rendah tegangan yang digunakan akan menghasilkan serat dengan diameter yang lebih besar (Fajariah et al., 2023; I. S. Putri, 2023; Sari, 2018). jarak antara ujung jarum dengan *collector* berkisar antara 5 cm sampai dengan 25 cm. Tegangan tinggi diterapkan pada jarak antara ujung jarum dengan *collector* lebih rendah maka akan mempersingkat waktu larutan untuk tertangkap di *collector* (Patil et al., 2017).

Sari, (2018) telah berhasil membuat nanofiber PVA 5 dan 10 % w/t, pembentukan *nanofiber* dengan ukuran diameter serat terkecil dengan menggunakan tegangan tinggi 10 kV, jarak *syringe pump* ke kolektor 15cm, dan konsentrasi larutan polimer 5% wt. Morfologi serat dengan jumlah bead yang minimal dicapai pada tegangan tinggi 10 kV, jarak antara nozzle dan kolektor 10 cm, serta konsentrasi larutan polimer sebesar 10% berat. Peningkatan tegangan tinggi menyebabkan penurunan diameter serat yang terbentuk. Begitu pula, semakin besar jarak antara nozzle dan kolektor, semakin kecil diameter serat yang dihasilkan

TINJAUAN PUSTAKA

Nanofiber

Nanofiber merupakan serat dengan ukuran diameter yang berkisar 100 hingga 500nm (Subbiah et al., 2005). *Nanofiber* banyak diaplikasikan dalam pembuatan komposit, garmen, penyimpanan energi, penerbangan, kapasitor, transistor, pemisah baterai (Separator), sel bahan bakar, dan teknologi informasi (Krisnandika, 2017). Banyak teknik untuk memproduksi *nanofiber*, salah satunya dengan metode *electrospinning* (Ko & Wan, 2014).

Electrospinning

Electrospinning merupakan teknik mekanik dan listrik untuk menghasilkan serat nano dalam ukuran nanometer menggunakan tegangan atau voltase tinggi. *Electrospinning* adalah metode pembuatan serat nano (*nanofiber*) dengan memanfaatkan aliran muatan listrik dari larutan atau cairan polimer. Teknik ini efektif dan mudah digunakan untuk menghasilkan serat dengan ukuran mulai dari puluhan nanometer hingga mikrometer. Metode *electrospinning* pertama kali dipatenkan oleh Formhals pada tahun 1934 (Pickett, 2012).

Karakteristik Polivinil Alkohol (PVA)

Polivinil Alkohol (PVA) pertama kali ditemukan oleh W.O. Herrmann dan Dr. W.W. Haehnel pada tahun 1924, sementara polivinil asetat sebagai bahan awalnya ditemukan oleh Dr. Flitz Klatt pada tahun 1912 (Premraj & Doble, 2005). PVA merupakan polimer polihidroksi yang larut dalam air dan dapat terbiodegradasi yang telah dipelajari secara intensif karena stabilitas thermal yang baik, bio-

kompatibilitas, ketahanan kimia, dan tidak mahal. PVA dihasilkan dari polimerisasi *vinyl acetate* menjadi *polyvinyl acetate* (Ropikoh, 2019). *Polyvinyl alcohol* (PVA) memiliki karakteristik yang ramah lingkungan sehingga banyak digunakan di berbagai sektor, seperti kebutuhan rumah tangga, dunia medis, industri pengemasan makanan, tekstil, produk kertas, pengolahan air, pertanian, dan lain-lain. PVA sering dimanfaatkan untuk membuat film, hidrogel, serat, dan membran. Membran berbahan PVA dapat diterapkan pada baterai, alat penyaring, serta sel bahan bakar, di mana membran sel bahan bakar berfungsi sebagai alternatif untuk mengubah energi kimia menjadi energi listrik (Aslam *et al.*, 2018).

Pengujian *Field Emission - Scanning Electron Microscope* (FE-SEM)

Field Emission – Scanning Electron Microscope (FE-SEM) adalah jenis mikroskop elektron yang menggunakan emisi medan pada alat *electron gun*-nya. Perbedaan utama antara SEM dan FE-SEM terletak pada sumber elektron yang digunakan; SEM memakai emiter termionik (*thermionic emitter*), sedangkan FE-SEM menggunakan emiter medan (*field emitter*). Pada sumber termionik, elektron dihasilkan dengan cara memanaskan filamen, biasanya dari bahan tungsten (W) atau Lanthanum Hexaboride (LaB6). Ketika suhu filamen cukup tinggi untuk melewati energi ambang, elektron akan terlepas dari filamen tersebut. Meski demikian, sumber termionik memiliki beberapa kekurangan, seperti kecerahan yang relatif rendah, penguapan material katoda, serta adanya konduksi panas selama operasi (Masta, 2020).

Pengujian *Contact Angle*

Pengukuran sudut kontak merupakan metode yang terus disempurnakan untuk mengevaluasi karakteristik permukaan suatu material serta interaksi antar permukaan yang memiliki sifat mekanis, fisik, kimia, dan biologis yang berbeda. Data yang diperoleh dari pengukuran sudut kontak ini meliputi informasi mengenai energi permukaan, tingkat hidrofilitas, kekasaran, dan heterogenitas permukaan (Tavana *et al.*, 2004). Berdasarkan interaksi pembasahan dan adhesi yang diukur antara air dan berbagai permukaan, suatu permukaan bersifat hidrofilik ketika airnya memiliki sudut kontak $<90^\circ$ dan bersifat hidrofobik ketika sudut kontak $>90^\circ$. Suatu permukaan bersifat superhidrofobik atau menolak air ketika sudut kontak $\geq 145^\circ$ (Law, 2014).

METODE PENELITIAN

Pembentukan *nanofiber* PVA dilakukan dengan menggunakan metode *electrospinning*, dengan menggunakan bahan PVA (72,000 g/mol, CAS-No: 821038), ZnCl₂ (merek Sigmaaldrich, 136,30 g/mol, CAS-No: 7646-58-7) dan Aquades. Pembentukan *nanofiber* dimulai dari pembuatan larutan PVA 10% w/v dibuat dengan melarutkan 1 gram PVA ke dalam 10 mL aquades, dan diaduk dengan rpm 500, suhu 80°C selama 3 jam. Larutan PVA dimasukkan ke dalam suntikan dengan ujung jarum terhubung pada kabel positif dan kabel negatif pada kolektor. Pembentukan *nanofiber* dilakukan

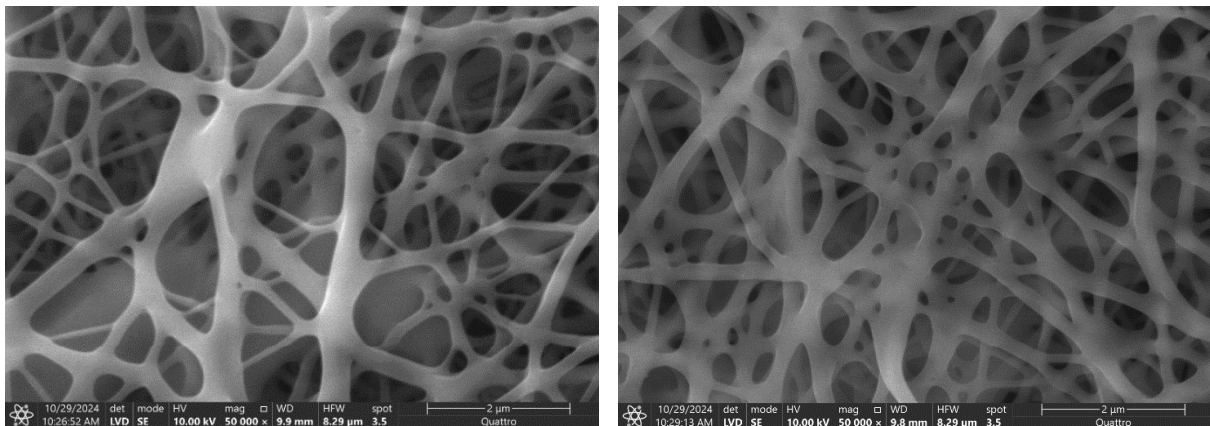
dengan parameter sesuai **Tabel 1**, *nanofiber* yang berhasil terbentuk kemudian dilakukan pengujian FE-SEM (Thermo Scientific Quattro S completed dengan EDS Detector) dan *Contact Angle* (KRUSS DSA25E). Parameter yang digunakan dalam pembentukan *nanofiber* PVA murni dipaparkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Pembentukan *Nanofiber* PVA.

No. Sampel	Perlakuan		
	Konsentrasi PVA (%w/v)	Tegangan (kV)	Jarak (cm)
NFZ.1	10	10	10
NFZ.2	10	12	15

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian FE-SEM menunjukkan morfologi dari serat nano yang telah dibentuk yang dipaparkan pada Gambar 1.

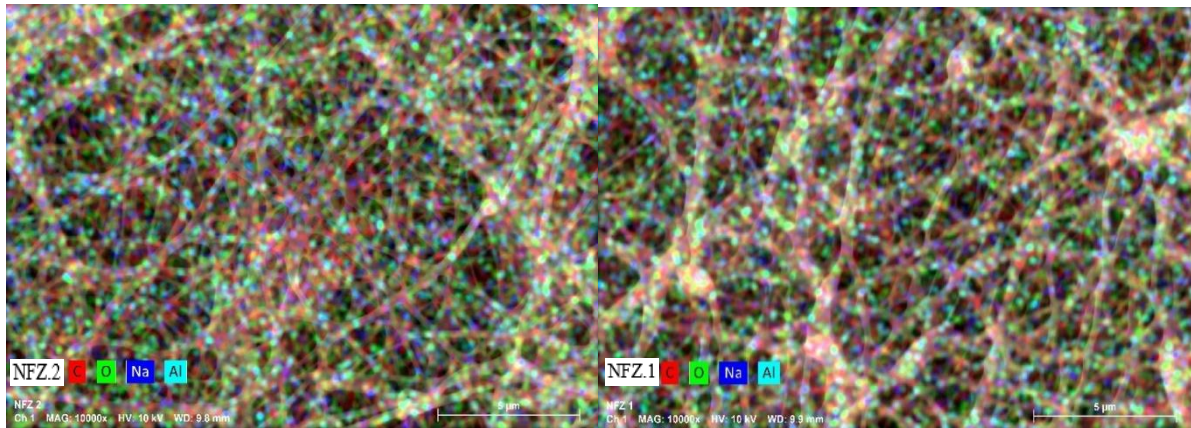


(a)

(b)

Gambar 1 Morfologi *nanofiber* (a) NFZ.1 (b) NFZ.2

Pada **Gambar 1** diketahui diameter terkecil dan terbesar pada sampel NFZ.1 yaitu 80 - 406 nm dan NFZ.2; 61,7 – 248,9 nm. Serat pada sampel NFZ.2 terlihat lebih seragam dibandingkan sampel NFZ.1, serat yang seragam pada sampel NFZ.2 disebabkan oleh tegangan dan jarak yang digunakan lebih tinggi dari sampel NFZ.1. Peningkatan tegangan pada pembentukan *nanofiber* PVA dapat menghasilkan serat yang lebih seragam dan pengurangan manik-manik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sari, (2018) diameter serat yang dihasilkan akan berkurang seiring dengan meningkatnya tegangan tinggi dan jarak antara nozzle dan kolektor. Persebaran unsur dari hasil uji SEM-EDS ditunjukkan pada **Gambar 2**.



(a)

(b)

Gambar 2 Persebaran Unsur Sampel *Nanofiber* (a) NFZ.1 dan (b) NFZ.2

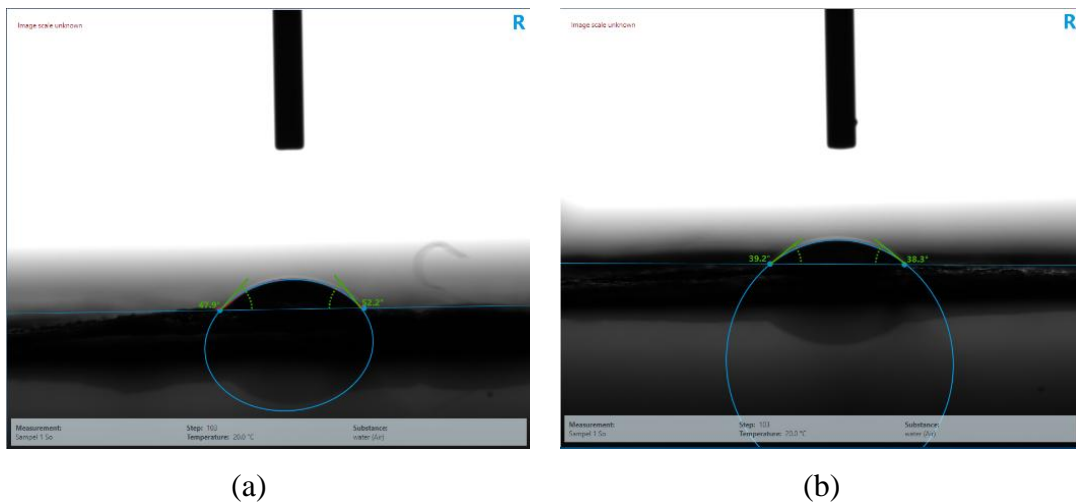
Hasil uji SEM-EDS pada Gambar 2 berupa persebaran unsur, persebaran unsur ini dipaparkan lebih jelas pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Persentase Unsur Pada Sampel *Nanofiber* NFZ.1 dan NFZ.2

Kode Sampel	Element	Norm. Mass Concentration/%
NFZ.1	Carbon	71,30
	Oxygen	26,81
	Sodium	1,36
	Aluminium	0,53
NFZ.2	Carbon	69,04
	Oxygen	28,93
	Sodium	1,54
	Aluminium	0,49

Tabel 2 menunjukkan persentase dari *nanofiber* NFZ.1 dan NFZ.2, unsur karbon (C) yang terdapat pada hasil uji disebabkan oleh kertas karbon yang digunakan sebagai alas *nanofiber* pada saat pengujian, sedangkan oksigen (O) merupakan unsur yang terdapat pada pori-pori *nanofiber*. Sampel *nanofiber* NFZ.1 dan NFZ.2 memberikan perbedaan persentase pada unsur sodium (Na) yaitu 1,36 dan 1,54 %. Unsur aluminium ini disebabkan oleh kolektor yang menggunakan bahan aluminium, ketika proses *electrospinning* dengan tegangan tinggi berlangsung, hal ini membuat kolektor mengalami proses pengikisan. Menurut Putra et al., (2015) bahan aluminium yang diberi tegangan tinggi mengakibatkan terjadi pengikisan permukaan lebih besar dibandingkan dengan bahan logam lain seperti baja. Aluminium yang mudah terkikis ini mengalami perubahan dimensi nyata akibat korona atau discharge listrik.

Hasil uji sudut kontak yang dilakukan pada *nanofiber* NFZ.1 dan NFZ.2 dipaparkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Sudut kontak Nanofiber (a) NFZ.1 (b) NFZ.2

Nilai rata-rata *contact angle* untuk *nanofiber* PVA (NFZ.1 dan NFZ.2) dari hasil pengujian dipaparkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai Rata-rata *Contact Angle Nanofiber PVA*.

Kode Sampel	Sudut Kiri (°)	Sudut Kanan (°)	Rata-rata
NFZ.1	47,9	52,2	50,05
NFZ.2	39,2	38,3	38,75

Hasil uji sudut kontak yang telah dilakukan pada sampel *nanofiber*, didapatkan nilai rata-rata sudut kontak pada sampel sesuai urutan yaitu NFZ.1 = 50,05° dan NFZ.2 = 38,75°. Perbedaan nilai sudut kontak ini berkaitan dengan morfologi dari *nanofiber*, pada sampel NFZ.1 morfologi ataupun kerapatan celah yang terbentuk cenderung besar, yang artinya tingkat penyerapan air lebih sedikit pada sampel NFZ.1 dikarenakan terdapat ruang yang tersisi udara. Berbeda halnya pada sampel NFZ.2 yang memiliki celah serat yang lebih rapat, hal ini menyebabkan penyerapan air lebih banyak pada serat. Tingkat penyerapan air ini berkaitan juga dengan ketebalan serat atau banyaknya *beads* pada *nanofiber*. Apabila *nanofiber* memiliki morfologi serat yang halus tanpa ada *beads*, maka larutan lebih mudah menyerap pada permukaan *nanofiber* (Putri et al., 2024).

KESIMPULAN

Pembentukan *nanofiber* PVA murni telah berhasil dilakukan. Hasil dari pengujian menunjukkan serat yang lebih seragam dan diameter terkecil dihasilkan oleh sampel NFZ.2, diameter yang dihasilkan yaitu 61,7 – 248,9 nm, tetapi nilai sudut kontak yang dihasil cukup rendah dengan nilai 38,75°, berbeda halnya dengan sampel NFZ.1 yang menghasilkan nilai sudut kontak 50,05°. Hasil analisa yang telah dilakukan pada sampel *nanofiber*, menunjukkan bahwa morfologi *nanofiber* memiliki pengaruh besar terhadap besarnya nilai sudut kontak yang terbentuk. Manik (*Bead*) yang

banyak pada *nanofiber* menghasilkan nilai sudut kontak yang tinggi, hal ini dikarenakan *beads* menahan air pada permukaan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas fasilitas, dukungan ilmiah dan teknis dari Laboratorium Karakterisasi Lanjutan Lampung, Badan Riset dan Inovasi Nasional melalui E-Layanan Sains, Badan Riset dan Inovasi Nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Aslam, M., Kalyar, M. A., & Raza, Z. A. (2018). Polyvinyl alcohol: A review of research status and use of polyvinyl alcohol based nanocomposites. *Polymer Engineering & Science*, 58(12), 2119–2132. <https://doi.org/10.1002/pen.24855>
- Fajariah, A. R., Adiperdana, B., Faizal, F., Aprilia, A., & Safriani, L. (2023). Effects of the morphology and diameter of TiO₂ nanofibers as light-scattering layers on the efficiency of dye-sensitized solar cells. *Materials Research Express*, 10(10), 1–8. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ad028b>
- Ko, F. K., & Wan, Y. (2014). *Introduction to Nanofiber Materials*. Cambridge University Press: New York. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139021333>
- Krisnandika, V. E. (2017). Produksi nanofiber dan aplikasinya dalam pengolahan air. *Zenodo*, (versi 1). <https://doi.org/10.5281/zenodo.1133804>
- Law, K. Y. (2014). Definitions for hydrophilicity, hydrophobicity, and superhydrophobicity Getting the basics right. *Journal of Physical Chemistry Letters*, 5(4), 686–688. <https://doi.org/10.1021/jz402762h>
- Masta, N. (2020). Scanning electron microscopy. In *Buku materi pembelajaran*. Pendidikan Fisika, Universitas Kristen Indonesia: Jakarta.
- Nasir, M. (2013). Sintesis dan karakterisasi nanokomposit konduktif nanofiber. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 15(1), 57–59. <https://doi.org/10.14203/jkti.v15i1.105>
- Patil, J. V., Mali, S. S., Kamble, A. S., Hong, C. K., Kim, J. H., & Patil, P. S. (2017). Electrospinning: A versatile technique for making of 1D growth of nanostructured nanofibers and its applications: An experimental approach. *Applied Surface Science*, 423, 641–674. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.06.116>
- Pickett, A. N. (2012). Electrospinning Applications in Mechanochemistry and Multi-Functional Hydrogel Materials. In *Thesis*. Dept of Material Science and Engineering. University of Illinois: Urbana-Champaign. <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA576080>
- Premraj, R., & Doble, M. (2005). Biodegradation of Polymers. *Indian Jurnal of Biotechnology*, 4(2), 186–193. https://www.researchgate.net/publication/285534816_Biodegradation_of_polymers
- Putra, W. R., Negara, I. M. Y., & Satriyadi, I. (2015). Pengaruh Bentuk dan Material Elektrode terhadap Partial Discharge. *Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 47–51.
- Putri, A. R., Kusumawati, D. H., & Suaebah, E. (2024). Karakteristik Wettability (Contact Angle) Pada Nanofiber Pani/Pva/Go Sebagai Separator Baterai Lithium-Ion. *Inovasi Fisika Indonesia*, 13(3), 33–39. <https://doi.org/10.26740/ifi.v13n3.p33-39>
- Putri, I. S. (2023). Pengaruh tegangan electrospinning pada pembentukan serat nano titanium dioksida (TiO₂). In *Magister Thesis*. Program Studi Magister Fisika. Universitas lampung: Bandar Lampung. <http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/69037>
- Ropikoh, S. U. (2019). *Sintesis nanofiber kitosan/polyvinyl alcohol dengan metode electrospinning: kajian viskositas larutan*. Departemen Fisika Fakul-tas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Sari, T. I. (2018). Optimasi nanofiber hasil electrospinning. In *Tugas Akhir*. Departemen Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya. <http://repository.its.ac.id/id/eprint/50051>
- Subbiah, T., Bhat, G. S., Tock, R. W., Parameswaran, S., & Ramkumar, S. S. (2005). Electrospinning

- of nanofibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 96(2), 557–569. <https://doi.org/10.1002/app.21481>
- Tavana, H., Lam, C. N. C., Grundke, K., Friedel, P., Kwok, D. Y., Hair, M. L., & Neumann, A. W. (2004). Contact angle measurements with liquids consisting of bulky molecules. *Journal of Colloid and Interface Science*, 279(2), 493–502. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.06.090>
- Wahyudi, T., & Sugiyana, D. (2011). Pembuatan Serat Nano Menggunakan Metode Electrospinning. *Arena Tekstil*, 26(1), 29–34. <https://doi.org/10.31266/at.v26i1.1439>