

Research Article

Optimum Parameter for Electrospinning of Nanofiber

Utari Yolla Sundari^{1✉}, Saputera², Odi Andanu³, Erni Dwi Puji Setyowati⁴, SeptariaYolan Kalalinggi⁵.

¹Prodi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya

²Prodi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya

✉Corresponding Author: utariyolla22@tip.upr.ac.id

Received 20 January 2023

Revised 01 May 2023

Accepted 01 June 2023

Citation:

Sundari, U.Y., Saputra., Andanu, Odi., Setyowati, E.D.P., Kalalinggi, S.Y. (2023). Optimum Parameter for Electrospinning of Nanofiber. *Journal of Peat Science and Innovation*, 2(1), pp1-5. DOI: 10.59032/jpsi.v2i1.8270

Abstract. Electrospun nanofiber is a nano-sized fiber that is formed using an electrospinning machine. The important parameters affecting the formation of electrospun nanofiber are: (1) the coating material, (2) process conditions (electrical, flow rate, and the distance between the syringe and the collector), and (3) environmental conditions (temperature and humidity). The experiment results showed that electrospinning optimum conditions are achieved at a flow rate of 5 ml/l, the electrical voltage of 6 kV, the distance between spinneret with the collector ranged from 8 to 10 cm, the ambient temperature of 25°C, and relative air humidity (RH) of 50%. Best concentration of PVA is 10-15%.

Keywords: Electrospinning, Electrospun nanofiber, PVA.



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2022 by author.

1. Introduction

Encapsulasi merupakan teknologi yang berkembang pesat di bidang farmasi dan industri makanan. Encapsulasi adalah proses menjebak bahan inti dalam bahan penyalut untuk mempertahankan sel hidup, memperpanjang umur penyimpanan dan untuk mempermudah penggunaan. Menurut Perez- Maria *et al* (2013) pada bidang pangan, zat yang umum untuk dienkapsulasi yaitu enzim, bakteri probiotik, antioksidan, antimikroba, asam lemak, dan senyawa aktif. Penggunaan bahan untuk enkapsulasi dipertimbangkan menurut karakteristik bahan aktif yang akan dienkapsulasi (Rizqiati *et al* 2009). Salah satu bahan untuk enkapsulasi adalah nanofiber. *Nanofiber* merupakan serat yang berskala nano, yaitu berkisar antara 50-500 nm. *Nanofiber* memiliki keunggulan yaitu luas permukaan yang luas, berpori, modulus elastisitas yang tinggi, dan daya reaksi kimia yang lebih tinggi. Berdasarkan keunggulan tersebut *nanofiber* dapat digunakan sebagai membran, serat optik, enkapsulan, pembalut luka, *drug delivery* bahkan pakaian (Subbiah *et al* 2005). Berbagai teknik pembuatan *nanofiber* yaitu dengan cara *drawing* yaitu menyentuh pipet droplet dan menariknya. *Template synthesis*, yaitu pembuatan serat nano dengan menekan larutan polimer pada celah membran kecil untuk menghasilkan serat. Cara lain dengan teknik *electrospinning*, yaitu pemanfaatan tegangan listrik untuk menghasilkan serat (Nasrullah 2015).

Fung *et al.* (2011) telah melakukan pembuatan *nanofiber* bahan dari limbah pertanian untuk enkapsulasi probiotik. Bahan yang digunakan yaitu okara (limbah padat kedelai), minyak batang kelapa sawit (OPT) dan daun kelapa sawit (OPF). Untuk menghasilkan nanofiber ditambahkan polivinil alkohol 8% dan kemudian diproses menggunakan teknologi *elektrospinning*. Enkapsulasi dengan *nanofiber* memberikan keuntungan seperti efisiensi imobilisasi karena peningkatan luas permukaan terhadap volume dan perlindungan yang kuat karena peningkatan fleksibilitas oleh bahan enkapsulasi.

Pada prinsipnya pembuatan serat dengan *elektrospinning* adalah dengan cara mendorong larutan polimer yang diberi tegangan listrik tinggi menggunakan pompa *syringe* hingga mengeluarkan tetes larutan pada ujung *spinnerete* (berupa jarum). Tetesan larutan polimer yang telah terinduksi muatan listrik akan bergerak ke arah elektroda dengan muatan berlawanan disertai proses penguapan pelarut polimer, sehingga yang tertinggal pada pelat kolektor berupa serat polimer yang telah kering (Adistiana2017). Huang *et al.* (2003) menyatakan bahwa metode *elektrospinning* sebagai teknik yang efisien untuk pembuatan *nanofiber* dari bahan polimer. Menurut Li Z dan Wang C (2013) ada tiga parameter yang mempengaruhi pembentukan *nanofiber* dengan teknik *elektrospinning* yaitu parameter larutan (konsentrasi, berat molekul, viskositas, tegangan permukaan, dan konduktivitas), parameter proses (tegangan listrik, laju alir dan jarak antara kolektor dengan *syringe* atau ujung jarum), dan parameter lingkungan (suhu dan kelembaban). *Elektrospinning* ini sangat menarik untuk pembuatan biomaterial polimer menjadi nanofiber. Bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai bahan pembentukan *nanofiber* dengan metode *elektrospinning* adalah PVA yang merupakan salah satu polimer sintetik dengan keunggulan seperti hidrofilisitas dan kompatibilitas, tidak toksik, kandungan air yang tinggi, sifat mekanik yang kuat, stabilitas kimia yang baik dibanding polimer sintetik lainnya dan biodegradabel. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimal pembentukan nanofiber dari metode *electrospinning* yang dirancang berdasarkan prinsip kerja dari alat *elektrospinning*.

2. Material and Method

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2019 hingga 2020 di Laboratorium Bioindustri, Laboratorium Instrumen Departemen Teknik Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian dan Laboratorium Departemen Fisika.

Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *polyvinil alcohol* (PVA). Bahan-bahan lainnya yang digunakan yaitu akuades, akuabides. Alat yang digunakan yaitu seperangkat alat *elektrospinning* (modifikasi Marno *et al* 2018), *magnetic stirrer*, tabung reaksi, gelas ukur dan labu erlenmeyer.

Prosedur Penelitian

1. Penentuan Kondisi Proses dan Parameter *Elektrospinning*

Dilakukan pengaturan proses *elektrospinning* yaitu tegangan listrik 6kV, laju aliran larutan yang keluar dari pompa otomatis (*syringe*) diatur mulai dari 5, 10 dan 15 ml/h dan variabel lainnya yang diatur sebagai kondisi proses *elektrospinning* yaitu jarak antara ujung jarum dengan kolektor berkisar 8 dan 10 cm. Untuk menentukan kondisi terbaik dari *elektrospinning* dilakukan percobaan *trial and error* menggunakan bahan penyalut yang telah disiapkan. Target dari tahapan ini adalah terbentuknya lembaran *nanofiber* pada kolektor.

3. Result and Discussion

Proses Penentuan Kondisi Optimum Proses *Elektrospinning*

Alat *elektrospinning* pada prinsipnya digunakan untuk pembentukan nanofiber yang hasilnya disebut dengan *electrospun nanofiber*. Alat *elektrospinning* memanfaatkan daya elektrostatis terhadap larutan polimer yang kemudian akan menghasilkan serat halus dan kering dalam ukuran nanometer. Pada penelitian ini alat *elektrospinning* yang digunakan bukan *elektrospinning* komersial, namun hasil perancangan yang disesuaikan dengan prinsip alat dan teori berdasarkan penelitian terdahulu. Alat *elektrospinning* hasil modifikasi disesuaikan dengan pemanfaatannya pada penelitian ini, yang terdiri dari *high voltage DC power supply* sebagai sumber tegangan listrik dengan besar tegangan 1 hingga 6 kV, *syringe pump* sebagai alat pemompa otomatis, suntik standar dengan diameter jarum 14.43 mm dan volume 10 ml, kabel penghantar listrik bermuatan positif dan negatif, plat seng berukuran 20x20 sebagai kolektor. Alat hasil rancangan dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Alat elektrospinning hasil rancangan

Menurut Li Z dan Wang C (2013) alat *elektrospinning* terdiri atas beberapa bagian penting yaitu seperangkat pompa (*syringe* dan jarum), *voltage meter*, dan kolektor. Ada tiga parameter yang mempengaruhi pembentukan *nanofiber* pada proses *elektrospinning* yaitu parameter larutan bahan, parameter proses (tegangan listrik, laju alir larutan, jenis kolektor dan jarak antara *syringe* dengan kolektor), dan parameter lingkungan (suhu dan kelembaban).

Pada penelitian ini dilakukan beberapa percobaan pendahuluan untuk mendapatkan kondisi optimum pembentukan *electrospun nanofiber*. Percobaan dilakukan dengan memperhatikan parameter yang mempengaruhi pembentukan *nanofiber* dengan proses *elektrospinning*. Parameter pertama yang menjadi acuan adalah konsentrasi bahan penyalut yang kemudian akan mempengaruhi parameter proses. Pada penelitian pendahuluan digunakan beberapa jenis konsentrasi PVA yaitu 5, 8, 10, 15 dan

20 %. Berdasarkan hasil percobaan penggunaan konsentrasi larutan PVA 5 dan 8% tidak dapat membentuk lembaran *nanofiber*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum *elektrospinning* yaitu laju alir 5 ml/l, tegangan listrik 6 kV, jarak antara *spinneret* dengan kolektor berkisar 8 hingga 10 cm, suhu lingkungan 25°C dan kelembaban udara relatif (RH) 50%. Untuk konsentrasi terbaik PVA pembentukan nanofiber adalah 10 – 15%.

Menurut Wahyudi (2011) serat nano dapat terbentuk karena pada proses tersebut terjadi penguapan pelarut secara simultan. Pada rasio PVA yang sangat encer akan membuat proses pengerasan larutan saat akan menjadi serat semakin lama bahkan sulitnya terbentuknya serat dikarenakan penguapan membutuhkan waktu yang lebih lama. Sedangkan semakin kental larutan bahan penyalut yang digunakan juga menyebabkan sulitnya terbentuk serat, karena akan terbentuk banyak gumpalan pada serat yang terbentuk karena sulitnya proses penguapan larutan bahan penyalut. Mempertimbangkan konsentrasi larutan penyalut yang digunakan, diberikan laju aliran pada pompa otomatis (*syringe pump*)

mulai dari 5 ml/h, 10 ml/h dan 15 ml/h. Kecepatan laju alir akan menentukan bagaimana proses terbentuknya serat. Pada laju alir 10 ml/h dan 15 ml/h banyak larutan menetes yang terdapat pada bagian bawah *syringe* dan terbentuk serat tebal pada satu titik di kolektor. Laju alir yang cepat menyebabkan terjadinya dorongan yang kuat sehingga akhirnya larutan jatuh menetes sebelum terbentuk menjadi *nanofiber*. Hasil *electropun nanofiber* dapat dilihat pada **Gambar 2**



Gambar 2. Hasil *electropun nanofiber*.

Menurut Gensheimer *et al* (2007) prinsip kerja dari alat *elektrospinning* sederhana namun kontrol prosesnya yang cukup rumit karena parameter-parameter tersebut saling berkaitan satu sama lain. Keunikan dari pembuatan nanofiber dengan metode *elektrospinning* adalah dapat menghasilkan serat nano dengan berbagai bentuk, dimensi dan karakteristik permukaan. Pembentukan tersebut bergantung pada jenis dan karakterisasi larutan yang digunakan. Menurut Darmawan (2016) serat nano yang dihasilkan dari *elektrospinning* memiliki sifat spesifik yaitu permukaannya yang luas, ukuran pori yang kecil dan kemungkinannya untuk dibentuk struktur tiga dimensi sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai bahan enkapsulasi dan sebagai pelindung.

4. Conclusion

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum *elektrospinning* yaitu laju alir 5 ml/l, tegangan listrik 6 kV, jarak antara *spinneret* dengan kolektor berkisar 8 hingga 10 cm, suhu lingkungan 25°C dan kelembaban udara relatif (RH) 50%. Untuk konsentrasi terbaik PVA pembentukan nanofiber adalah 10 – 15%.

References

- Adam, C. (2021). Biopython: Comparing the DNA Polymerase I (polA) Gene of Thermophilic, Mesophilic, and Psychrophilic Bacteria. *BiosciED: Journal of Biological Science and Education*, 2(1), 10–20. <https://doi.org/10.37304/bed.v2i1.2714>
- Adam, C. (2022a). The Development of Pycendo: A Web-Application to Analyze the DNA and Protein Sequences. *Unpublished Paper*.
- Adam, C. (2022b). Variety of Cell Size of *Cosmarium* spp. And *Euastrum* spp. (Desmidiaceae, Charophyte) from the Aquatic Environment around Palangka Raya, Central Kalimantan, Indonesia. *Jurnal Biota*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.19109/Biota.v8i1.8002>
- Adam, C., & Haryono, A. (2022). Morphological Study of *Coelastrum cambricum* from the Peat Water of Palangka Raya, Indonesia. *Nusantara Science and Technology Proceedings*, 21–28. <https://doi.org/10.11594/nstp.2022.2504>
- Alves-da-Silva, S. M., & Bicudo, C. E. D. M. (2009). *Cryptoglena*, *Monomorpha* and *Phacus* (Euglenophyceae) of a reservoir in the State of Rio Grande do Sul, southern Brazil. *Revista Brasil.Bot.*, 32(2), 253–270.
- Belcher, H., & Swale, E. (1978). *A Beginner's Guide to Freshwater Algae* (3rd Editio). Institute of Terrestrial Ecology, Natural Environment Research Council, Cambridge.

- Dawson, N. S., Dunlap, J. R., & Walne, P. L. (1988). Structure and Elemental Composition of Pellicular Warts of *Euglena spirogyra* (Euglenophyceae). *British Phycological Journal*, 23, 61–69. <https://doi.org/10.1080/00071618800650081>
- Haryono, A., & Adam, C. (2021). The implementation of mini-research project to train undergraduate students' scientific writing and communication skills. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 7(2), 159–170. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v7i2.15838>
- Prescott, G. W. (1970). *How to Know the Freshwater Algae*. W.C. Brown Company. <https://books.google.co.id/books?id=EQteuWJ3058C>