

RANCANG BANGUN SISTEM *ELECTROSPINNING* UNTUK MENSINTESIS *NANOFIBER* POLIVINIL ALKOHOL DAN KARAKTERISASINYA

Aa Santosa, Eri Widiyanto, Ferry Restianto¹⁾

Program Teknik Mesin
Fakultas Teknik – Universitas Singaperbangsa Karawang

Abstrak: : Telah dilakukan penelitian tentang rancang bangun sistem *electrospinning* untuk mensintesis *nanofiber* polivinil alkohol (PVA) dan karakterisasinya. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat *electrospinning* dengan memodifikasi *syringe pump* yang dapat bergerak kanan-kiri. Mesin *electrospinning* dibuat dari komponen-komponen yang mudah diperoleh. Pengujian *electrospinning* dilakukan dengan mensintesis *nanofiber* dari polimer PVA. Karakterisasi *nanofiber* PVA menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), hasil karakterisasi menggunakan SEM menunjukkan ukuran diameter rata-rata nanofiber sebesar $(151,26 \pm 27,47078)$ nm dan $(152,89 \pm 17,0341)$ nm masing-masing untuk jarak *needle* ke *collector* 15 cm dan 12 cm. Hasil menunjukkan bahwa mesin *electrospinning* yang dibuat dapat menghasilkan serat (fiber) dengan ukuran nanometer.

Kata kunci: *electrospinning*, *nanofiber* PVA, SEM

I. PENDAHULUAN¹

Perkembangan nanoteknologi yang pesat dalam beberapa tahun terakhir sangat berdampak pada perkembangan berbagai industri. Nanoteknologi merupakan pembuatan dan penggunaan material pada skala 1-100 nm, dimana material disusun dalam orde atom-per-atom. Salah satu nanoteknologi yang sedang banyak dikembangkan adalah pembuatan serat nano (*nanofiber*). *Nanofiber* didefinisikan sebagai serat yang memiliki diameter 100-500 nm (Subbiah [1]). *Nanofiber* memiliki sifat yang sangat khas, yaitu sangat kuat, rasio permukaan terhadap volume yang besar dan berpori. Sifat-sifat tersebut menjadikan nanofiber menjadi material yang sangat menjanjikan untuk dimanfaatkan pada berbagai bidang industri, seperti industri tekstil, komposit, otomotif, kertas, elektronik, optik, pertanian, kosmetik, kesehatan, kedokteran, olah raga dan farmasi ([Mohan [2], Dotti [3], Qian [4], Piras [5], Jia [6], Hui wu [7], Hui Wu [8], Syed [9], Lijun Yang [10]). Pembuatan nanofiber dapat dilakukan dengan cara *drawing*, *template synthesis* dan *electrospinning*. Dari ketiga metode pembuatan serat tersebut, *electrospinning*

merupakan teknik yang cukup sederhana namun mampu menghasilkan serat nano dengan rentang ukuran paling kecil yakni 0,04-2 mikron (Wahyudi [11]).

Proses *electrospinning* menggunakan larutan polimer yang disiapkan pada tabung semprot (*syringe*) kemudian dilewatkan melalui sebuah lubang *spinnared* (*jet*) dengan ujung kecil dan ditarik dengan medan listrik tegangan tinggi arus searah. Larutan yang ditarik oleh medan listrik berbentuk *droplet/jet* karena pengaruh tegangan permukaan. Jet tersebut bergerak menuju kolektor dan pada bagian ini serat nano akan terkumpul. Keunggulan dari *electrospinning* yaitu proses mudah, mampu mengendalikan morfologi, keseragaman, porositas dan menghasilkan nanofiber yang cukup panjang (kontinu), namun tingkat produksinya masih rendah. Keunggulan teknologi ini memungkinkan untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai mesin pembuat serat mikro-nano dalam skala besar (He [12]).

Teknologi ini relatif baru yang dapat diamati dari publikasi ilmiah internasional yang terus meningkat dari tahun 2000 kurang dari 100,

¹⁾ ferryrestianto@gmail.com

Infomatek Volume 19 Nomor 2 Desember 2017 : 101 - 108 hingga tahun 2007 menjadi lebih dari 500 publikasi dengan prosentase terbesar yang masih dikuasai oleh negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Korea dan China (Pikett [13]). Hal ini membuka peluang bangsa Indonesia untuk berkompetisi di tingkat Internasional. Penguasaan teknologi nano khususnya *electrospinning* akan menempatkan Indonesia sejajar dengan negara-negara maju dalam mengembangkan *nanofiber* dan aplikasinya sesuai dengan kebutuhan bangsa.

Perancangan mesin *electrospinning* meliputi konsep perancangan, perencanaan wujud yang dibantu pembuatannya di *workshop* pemesinan, kemudian perakitan bagian elemen-elemen mesin yang telah dibuat.

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini akan dirancang dan dibuat mesin *electrospinning* dengan desain *syringe pump* yang dapat bergerak kanan-kiri (*right-left*). Desain dan pengembangan mesin *electrospinning* dilakukan dengan menggunakan bahan baku dan komponen lokal yang mudah didapat di wilayah Kabupaten Karawang dan dibantu dengan *Software Autodesk Inventor 2015*. Pengujian mesin *electrospinning* dilakukan untuk pembuatan *nanofiber* Polivinil Alkohol (PVA). Karakterisasi *nanofiber* menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi dan ukuran diameter *nanofiber*. Mesin *electrospinning* yang dihasilkan diharapkan dapat menghasilkan serat (fiber) dengan ukuran diameter dalam skala nanometer.

Pada penelitian yang dilakukan, permasalahan dititikberatkan pada rancang bangun mesin *electrospinning* namun aplikasi *nanofiber* dan parameter-parameter belum dikaji dalam penelitian ini.

Tujuan pembahasan pada penelitian ini adalah:

- a. Merancang dan membuat mesin *electrospinning* untuk memproduksi serat nano (*nanofiber*) dengan memodifikasi *syringe pump*.
- b. Mensintesis *nanofiber* berbasis polimer PVA (Polivinil Alkohol) menggunakan *electrospinning* yang telah dibuat.

II. METODOLOGI

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah seperti yang dijelaskan pada Gambar 1 berikut ini.

Gambar 1

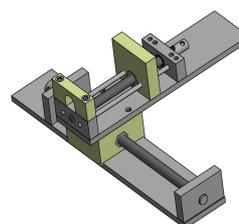
Flowchart pembuatan dan pengujian *electrospinning*

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi kajian pustaka mengenai proses pembuatan mesin *electrospinning* dan aplikasinya dalam mensintesis *nanofiber*. Alat dan bahan dipersiapkan seperti : kaca akrilik, motor listrik dc, *trafo flyback* dan rangkaian *step up*, kabel listrik, jarum suntik, gunting, penggaris dan pinset, *aluminiumfoil*, preparat, *beaker glass*, *magnetic hot plate stirrer*, timbangan digital, *chamber* mesin, *Polivinil Alcohol* (PVA) dan aquades

2. Tahap Perancangan dan Perakitan

Tahapan perancangan dan perakitan berupa perancangan *syringe pump* dan *High voltage*.



Gambar 2

Rancang Bangun Sistem *Electrospinning* untuk Mensintesis *Nanofiber* Polivinil Alkohol dan Karakterisasinya melarutkan 1,111 gram serbuk PVA ke dalam 10 ml aquades.

Keseluruhan syringe pump

3. Tahapan Pembuatan Program

Program yang digunakan untuk *High Voltage* menggunakan Program *Sketch Arduino*. Program pertama yang dibuat merupakan program untuk tampilan kalimat dan nilai tegangan di *LCD*.

4. Tahap Pengujian

Mesin *electrospinning* yang telah selesai dibuat selanjutnya dilakukan pengujian untuk memproduksi nanofiber. *Nanofiber* dibuat menggunakan bahan yang banyak dipakai dan diteliti yaitu PVA. Pada penelitian ini digunakan larutan PVA 10%. Serbuk PVA 1.111 gram dilarutkan ke dalam 10 ml aquades yang sebelumnya telah dipanaskan pada suhu 90 °C, kemudian diaduk menggunakan magnetic *hot plate stirrer* hingga homogen. Selanjutnya larutan dimasukkan ke dalam suntikan, dan siap dilakukan proses *electrospinning*. *Nanofiber* yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi menggunakan mikroskop optik dan SEM untuk mengetahui ukuran diameter fiber tersebut. Pembuatan larutan PVA sebelum melakukan pengujian *electrospinning*:

PVA 10%

Dengan persamaan 4.1

$$(1)$$

Keterangan : adalah berat PVA per gram.

Maka didapat perhitungan :

$$10 = 10 + \text{gram}$$

dalam 10 ml aquades. Jadi untuk mendapatkan PVA 10% dengan

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Telah dilaksanakan penelitian tentang *Electrospinning*. Komponen utama *electrospinning High Voltage*, *Syringe Pump* dan *collector* yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3
Electrospinning yang telah dibuat

Tabel 1
Spesifikasi hasil pembuatan syringe pump

No.	Parameter	Keterangan
1	Dimensi (P x L x T)	26 cm x 20 cm x 7 cm
2	Bahan material	Bearing SKF 6001-2z, as drat Ss400, case aluminium alloy seri 6, pusher pvc (<i>polyvinyl Chloride</i>)
3	Berat Alat	1.5 kg
4	Penggerak	Motor dc dengan dimmer control 12 v, 3 A
5	Kapasitas tabung syringe	5 ml



Gambar 4
Nilai tegangan yang keluar pada tampilan LCD

Tabel 2
Rentang tegangan yang keluar dengan waktu ± 20 menit

Waktu (menit)	Nilai tegangan yang keluar pada LCD 16x2 (v)
± 20 menit	16137-16300

Setelah mesin *electrospinning* dibuat maka dilakukan pengujian untuk mendapatkan serat berukuran nanometer.

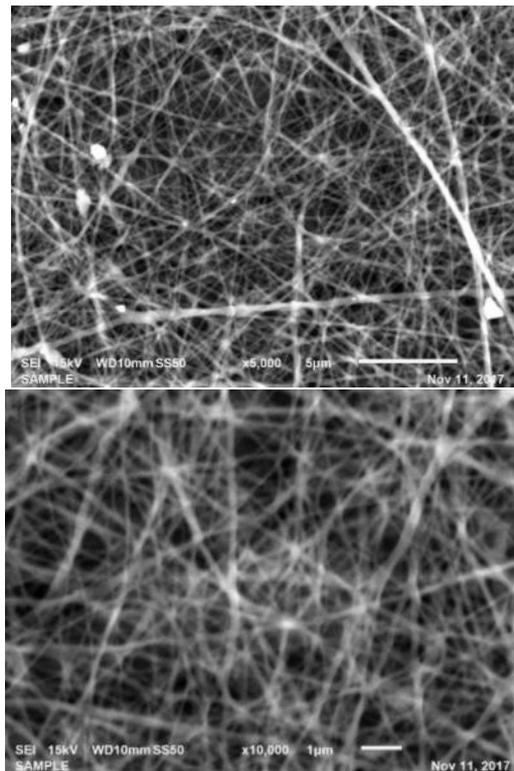
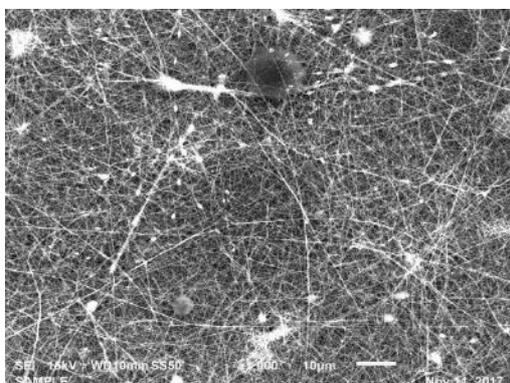
Tabel 3
Parameter Pengujian Electrospinning

Nama Sampel	Jarak tip-collector (cm)	D dalam needle (mm)	Larutan PVA (%)	Tegangan (Volt)	Waktu (menit)
NF-01	15	0,4	10	16137-16300	10
NF-02	12	0,4	10	16137-16300	10



Gambar 5
Sampel Hasil Electrospinning

Struktur morfologi nanofiber PVA sampel NF-01 ditunjukkan pada gambar 6 berikut :



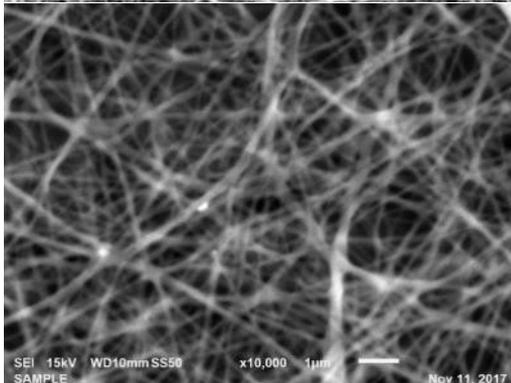
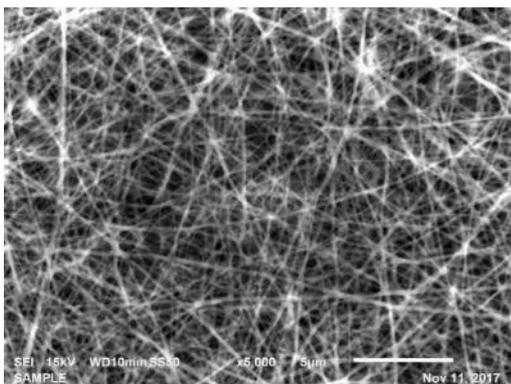
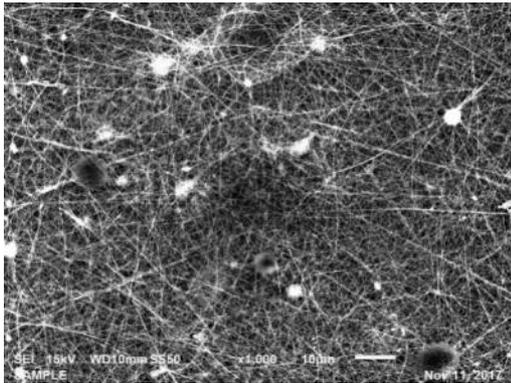
(d)
Gambar 6

Struktur morfologi nanofiber NF-01 menggunakan SEM dengan perbesaran (a) 1000x, (b) 5000x, (c) 10.000x; (d) Distribusi ukuran nanofiber

Morfologi nanofiber NF-01 menunjukkan tidak begitu banyak gumpalan PVA yang tidak berhasil ditarik oleh medan listrik. Terdapat 2 (dua) lubang pada gambar (a), karena pada saat melakukan pengujian diduga udara lingkungan mempengaruhi proses electrospinning, sehingga larutan PVA menuju *collector* kemungkinan menguap sebelum menjadi serat.

Ukuran rata-rata diameter nanofiber NF-01 terlihat pada Gambar 6(d) yaitu $(151,26 \pm 27,47078)$ nm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa electrospinning yang dibuat dapat menghasilkan nanofiber dengan ukuran skala nanometer.

Struktur morfologi nanofiber PVA sampel NF-02 ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



(d)

Gambar 7

Struktur morfologi nanofiber NF-02 menggunakan SEM dengan perbesaran (a) 1000x, (b) 5000x, (c) 10.000x; (d) Distribusi ukuran nanofiber

Morfologi nanofiber NF-02 secara keseluruhan belum homogen. Serat yang terbentuk terlihat belum kontinyu, disamping itu diantara serat terdapat gumpalan PVA yang tidak berhasil ditarik oleh tegangan tinggi medan listrik. Penyebab gumpalan juga diduga karena tidak seimbang laju alir larutan PVA, diperkirakan terlalu cepat keluar dari lubang spinneret sehingga jatuh

Rancang Bangun Sistem *Electrospinning* untuk Mensintesis Nanofiber Polivinil Alkohol dan Karakterisasinya menetes berbentuk gumpalan. Selain itu jarak spinneret dengan collector juga berpengaruh terhadap larutan, semakin dekat jarak menyebabkan larutan PVA yang ditarik oleh medan listrik ke collector belum terbentuk serat. Gambar (a), (b) dan (c) merupakan pembesaran 1000x, 5000x dan 10.000x nanometer.

Ukuran rata-rata diameter nanofiber NF-02 terlihat pada Gambar 7(d) yaitu $(152,89 \pm 17,0341)$ nm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *electrospinning* yang dibuat dapat menghasilkan nanofiber dengan ukuran skala nanometer.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Mesin *Electrospinning* berhasil dibuat dengan bahan dan alat lokal yang mudah diperoleh.
2. Nanofiber PVA berhasil disintesis menggunakan *electrospinning* dengan ukuran diameter rata-rata 150 nm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Subbiah T. et.al, 2005. *Electrospinning of Nanofiber*, *Journal of Applied Polymer Science*, 2005, 96, 557-569.
- [2] Mohan A. 2002, *Formation and Characterization of Electrospun Nonwoven web*, *Textile Management and Technology*, North Carolina State University.
- [3] Dotti F. et al, 2007, *Electrospun Porous Mats for High Efficiency Filtration*, *Journal of Industrial Textile*, 37, 151-162.
- [4] Qian L. et.al, 2004. *Application of Nanotechnology for High Performance Textiles*, *Journal of Textile and Apparel Technology and Management*, 4,1, 1-7.

- [5] Piras et al, 2008. *New Multicomponent Bioerodible Electrospun Nanofibers for Dual-controlled Drug Release*, *Journal of Bioactive and compatible Polymers*, 23, 423, 423-443.
- [6] Jia-Horng Lin, Chao-Tsang Lu, Jin-Jia Hu, Yueh-Sheng Chen, Chen-Hung Huang, and Ching-Wen Lou, 2012, *Property Evaluation of Bletilla striata/Polyvinyl Alcohol Nano Fibers and Composite Dressing*, *Journ. of Nanomat.*, Vol. 2012, pp 1-7.
- [7] Hui Wu, Dandan Lin, Rui Zhang, and Wei Pan, 2008. *ZnO Nanofiber Field-Effect Transistor Assembled by Electrospinning*, *J. Am. Ceram. Soc.*, 91 [2] pp 656–659.
- [8] Hui Wu, Liangbing Hu, Michael W. Rowell, Desheng Kong, Judy J. Cha, James R. McDonough, Jia Zhu, Yuan Yang, Michael D. McGehee, 2010, *Electrospun Metal Nanofiber Webs as High-Performance Transparent Electrode*, *NanoLetter*, 10, 4242–4248.
- [9] Syed Abdul Moiz¹, Ahmed Muhammad Nahhas¹, HanDon Um, Sang-Won Jee, Hyung Koun Cho⁴, Sang-Woo Kim and Jung-Ho Lee. 2012. *A stamped PEDOT:PSS–silicon nanowire hybrid solar cell*, *Nanotechnology*, 23, 145401-145408.
- [10] Lijun Yang, Wallace Woon-Fong Leung, 2011. *Improvement of Dye Sensitized Solar Cells With Nanofiber-Based Anode*, ASME 2011 International Mechanical Engineering Congress and Exposition (IMECE2011) , November 11– 17, 2011 , Denver, Colorado, USA.
- [11] Wahyudi T. et.al, 2011. Pembuatan Serat Nano menggunakan Metode Electrospinning, 2011, Arena tekstil Vol 26 No.1-Juni 2011 :1-60.
- [12] He, J. H., Y. Liu, L. F. Mo, Y. Q. Wan, dan L. Xu. 2008. *Electrospun Nanofibers and Their Applications*. Shawbury, shrewsbury, Sropshire, SY4-4NR, UK: iSmithers e-Book.
- [13] Pickett, A.N., 2012. *Electrospinning Applications in Mechanochemistry and Multifunctional Hydrogel Materials*