

FABRIKASI SERAT NANO BERBASIS POLIMER MENGUNAKAN TEKNOLOGI ELECTROSPINNING

M. Fahrur Rozy H.¹, Imam Sholahuddin¹

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: fahrur.teknik@unej.ac.id

ABSTRACT

Nano fibers can be fabricated using electrospinning technology using local components at low cost. Electrospinning technology also has advantages to control the morphology, uniformity, porosity and composition of nano fiber by pumping a solution of the gel through the nozzle of a metal-needle high voltage electrified. Based on the results of the research, the general parameters required for the manufacture of electrospinning machine is a resolution rate of spraying the solution ($\mu\text{l} / \text{min}$) and the magnitude of the high voltage power source (kV). A human hair is approximately $60 \mu\text{m}$ size looks larger than the size of the resulting PVA fiber electrospinning machine. These results were confirmed by the results of fiber characterization using the AFM in the area of fiber $50 \mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$, fiber size in the range of $<1 \mu\text{m}$ are included in the order of 1000 nm . It can be concluded that the electrospinning machine that has been made in this study has been able to create nanometer-scale fibers.

Keywords: Nano fibers, electrospinning

PENDAHULUAN

Aplikasi dan pengembangan serat nano diperuntukkan diberbagai bidang seperti energi, nanobio, lingkungan, nanomedis, pertahanan dan keamanan. Teknologi ini tergolong relatif baru yang dapat dilihat dari publikasi ilmiah internasional yang terus meningkat dari tahun 2000 kurang dari 100 hingga tahun 2007 menjadi lebih dari 500 publikasi dengan prosentase terbesar yang masih dikuasai oleh negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Korea dan China [1]. Hal ini memberikan kesempatan bangsa Indonesia untuk berkompetisi ditingkat Internasional. Penguasaan teknologi nano khususnya teknologi elektrospinning akan menempatkan Indonesia sejajar dengan negara-negara maju dalam mengembangkan serat nano dan aplikasinya sesuai dengan kebutuhan bangsa. Serat nano dapat dipabrikasi menggunakan teknologi elektrospinning dengan komponen lokal berbiaya murah, memiliki kelebihan mampu mengendalikan morfologi, keseragaman, porositas dan komposisi serat dengan cara memompa larutan gel melalui nosel jarum logam yang dialiri listrik tegangan tinggi. Kemudian medan elektrostatis akan menarik tetesan hingga menjadi semprotan yang stabil ke arah pelat kolektor dan membentuk serat acak [1]. Pada penelitian ini akan dilakukan rancang bangun mesin *electrospinning* yang terdiri dari mesin pompa larutan terkendali dan perangkat elektronik tegangan tinggi elektrostatis serta uji coba menggunakan beberapa bahan dasar larutan polimer untuk dibentuk menjadi serat nano.

Electrospinning adalah proses pembuatan serat nano melalui penyemprotan larutan polimer yang diberi muatan listrik. Proses elektrospinning pertama kali dipatenkan oleh Formhal untuk memproduksi filamen menggunakan gaya elektrostatis. Kemudian pada tahun

1960-an Taylor melakukan penelitian terhadap semprotan (jet) yang berasal dari tetesan larutan polimer. Pengerucutan bentuk terhadap tetesan tersebut kemudian dikenal dengan istilah "Taylor Cone" [2].

Penarikan semprotan dari ujung nosel, perpindahan muatan dan medan listrik yang terjadi sangat mempengaruhi selama proses elektrospinning. Fluida yang dikeluarkan dari ujung nosel akan dipercepat dan dibentangkan oleh gaya elektrostatis. Secara keseluruhan terdapat keseimbangan gaya pada kerucut diujung nosel dimana gravitasi dan tegangan polarisasi listrik cenderung berada disepanjang tetesan dari dalam dan dibantu oleh tegangan tangensial listrik dipermukaan. Tingkat kekentalan akan memperlambat pembentukan kerucut diujung nosel. Selain itu, terdapat dua kekuatan yang lebih aktif dipermukaan tetesan/kerucut yang terbentuk yaitu tegangan permukaan yang mencoba untuk meminimalkan luas permukaan vertikal dan kekuatan yang berlawanan dari tegangan normal listrik yang akan mencoba untuk memaksimalkan jarak antara muatan listrik dipermukaan dengan memperbesar luas permukaan. Ketika medan listrik cukup besar maka tetesan akan membentuk kerucut "Taylor cone".

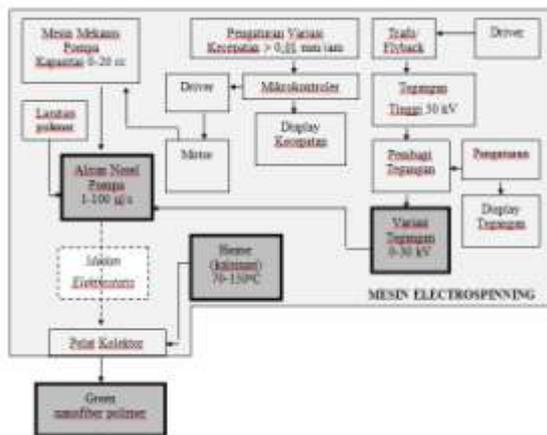
Setelah gaya elektrostatis dikenakan pada tegangan permukaan, larutan yang disemprotkan diujung nosel akan berdiameter kira-kira $1/100$ in, kemudian akan meninggalkan kerucut mendekati elektroda kolektor dan pada kondisi ini semprotan fiber mulai tidak stabil. Pada daerah ini terdapat tiga kemungkinan ketidakstabilan; pertama, tetesan yang dibentuk disebut ketidakstabilan Rayleigh; kedua,

pemekaran struktur yang terjadi disebut ketidakstabilan asimetris; ketiga, terjadinya non asimetris pada semprotan fiber terdapat pelebaran. Pada lekukan terakhir, ketidakstabilan yang terjadi memiliki peran terhadap proses pengecilan diameter fiber dari ukuran mikron hingga nanometer [3]. Serat nano dihasilkan dari larutan yang dipompa keluar dengan kecepatan tertentu kemudian medan elektrostatis akan menciptakan kerucut diujung nosel, ujung kerucut selanjutnya tertarik ke pelat kolektor dengan tiga tahapan penting yaitu pembentukan kerucut, penarikan larutan menjadi serat, kemudian semakin mendekati kerucut terjadi ketidakstabilan dan terjadi spinning hingga mencapai pelat kolektor.

METODOLOGI PENELITIAN

Desain Penelitian

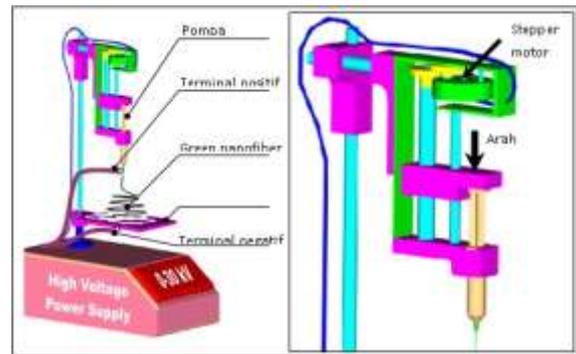
Permasalahan utama adalah pada akurasi kecepatan minimum pompa 0,01 mm/jam dan kecepatan aliran minimum 1 ml/jam yang tergantung pada mekanisme *power screw* dan sistem transmisi mesin pompa. Untuk mengatasi permasalahan ini dilakukan proses manufaktur dengan meningkatkan kepresisian komponen khususnya pada poros *power screw*, kedudukan poros dan kepresisian kontak antar komponen pada saat perakitan. Pada sumber arus listrik tegangan tinggi, kendala utama yaitu pada pembagian tegangan untuk mendapatkan variasi voltase (kV) atau besarnya medan elektrostatis yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan radiasi medan listrik yang tinggi menyebabkan rangkaian elektronik pembagi tidak dapat bekerja. Untuk menghindari radiasi medan listrik dilakukan isolasi terhadap bagian-bagian komponen rangkaian elektronik menggunakan polymer yang memiliki kemampuan isolator terhadap tegangan tinggi.



Gambar 1. Desain Penelitian

Aliran nosel digerakkan oleh *power screw* menggunakan FDK Stepper Motor SMB40-96 dengan spesifikasi 24 Volt 96 step / 360°. Pengaturan kecepatan pergerakan pompa/aliran larutan dikendalikan oleh mikrokontroler Atmega 8 serta driver elektronika pendukung. Tegangan tinggi ini menggunakan transformator flyback TV 21 inch merek Polytron seri FCK-14A006 yang digunakan untuk konversi energi

sirkuit elektronik untuk menghasilkan sinyal tegangan tinggi lebih dari hingga 30 kV.



Gambar 2. Rancangan 3D Mesin Electrospinning

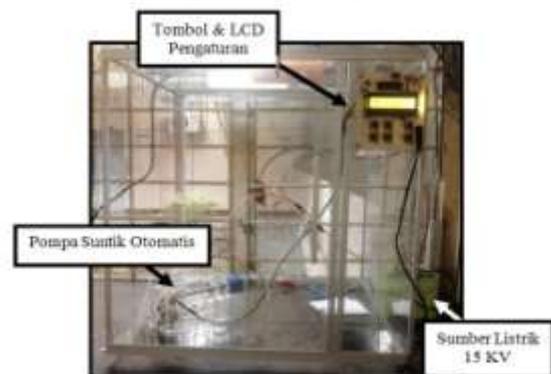
Target spesifikasi produk:

- 1) Pompa suntik terkendali
 - Kapasitas: 0 hingga 20 cc
 - Resolusi laju aliran penyemprotan : 1 µL/menit
 - Pengendali : Berbasis mikrokontroler atmega8
- 2) Pembangkit tegangan tinggi elektrostatis
 - Tegangan tinggi elektrostatis : 0 hingga 30 kV
 - Power AC: 170 hingga 220 volt

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin Electrospinning

Perancangan dan pembuatan mesin *electrospinning* yang terdiri dari pompa suntik otomatis dan sumber listrik tegangan tinggi telah berhasil dibuat dan diaplikasikan terhadap sampel larutan polimer untuk membuat serat berdiameter kecil. Dengan melakukan pengaturan kecepatan melalui tombol pengendali variasi kecepatan dapat dirubah dan ditampilkan langsung oleh layar LCD.



Gambar 3. Mesin Electrospinning

Fungsi pompa suntik yaitu sebagai alat penyemprot larutan dengan laju aliran yang dapat dikendalikan melalui sistem kendali menggunakan mikrokontroler Atmega8 dan dapat diatur menggunakan tombol yang tersedia dengan parameter perubahan yang dapat dilihat di layar LCD karakter 2x16. Memiliki spesifikasi untuk berbagai ukuran pompa suntik ukuran 1 cc hingga 20 cc. Kemampuan ini didukung oleh motor stepper 96 step/putaran, mekanisme ulir *power screw*

dengan jarak pitch 1 mm, dan rasio roda gigi motor stepper terhadap ulir power screw 1:15 sehingga mampu menghasilkan resolusi laju penyemprotan larutan hingga 1 μl /menit menggunakan pompa suntik larutan berukuran 1cc.



Gambar 4. Pompa Suntik Otomatis, tombol pengendali dan layar LCD

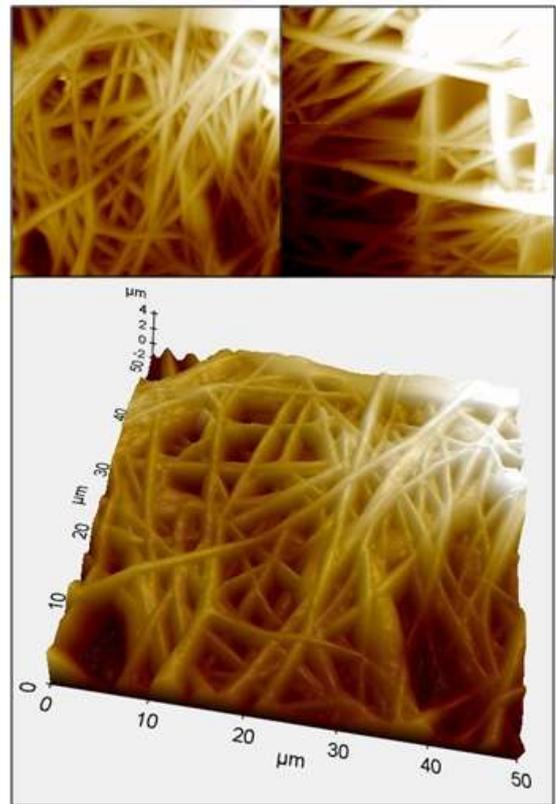
Produk Serat Nano

Pada percobaan penelitian ini, bahan serat menggunakan larutan polimer Polivinil Alkohol (PVA) yang dicampur dengan air sulingan (H_2O) menggunakan perbandingan 1:10 (% wt) yang kemudian dimasukkan kedalam pompa suntik untuk dilakukan proses *electrospinning*.



Gambar 5. Produk serat PVA dengan setali rambut manusia

Proses penyemprotan dilakukan dengan kecepatan 6 μl /menit dan kutub positif tegangan tinggi dihubungkan ke logam jarum suntik. Kemudian medan elektrostatik dari kolektor yang terhubung dengan kutub negatif akan menarik semprotan larutan hingga menjadi serat berukuran kecil.



Gambar 6. Serat PVA hasil Scanning Probe dengan luas 50 μm x 50 μm

Gambar 5. menunjukkan hasil foto makro serat PVA dengan sehelai rambut manusia terlihat sangat kecil dan tidak terlihat oleh mata dengan jelas. Oleh karena itu untuk memperjelas bentuk morfologi serat PVA seperti pada gambar 6. dilakukan karakterisasi menggunakan *scanning probe/Atomic Force Microscopy* (AFM).

Pembahasan

Parameter umum yang dibutuhkan untuk pembuatan mesin *electrospinning* berdasarkan hasil penelitian diatas yaitu resolusi laju penyemprotan larutan dalam μl /menit dan besarnya sumber listrik tegangan tinggi dalam satuan kiloVolt (kV). Hal ini sesuai dengan hasil kajian Pham Q.P. dkk. (2006), bahwa laju penyemprotan larutan (μl /menit) yang semakin kecil serta semakin besarnya tegangan tinggi (kV) yang diaplikasikan akan memperkecil ukuran serat. Seperti pada gambar 5.3 dimana ukuran rambut manusia sekitar 60 μm yang terlihat lebih besar dibandingkan dengan ukuran serat disampingnya. Diperkuat dengan hasil karakterisasi menggunakan AFM pada luasan serat 50 μm x 50 μm , ukuran serat berada pada kisaran < 1 μm yang termasuk dalam orde 1000 nm. Sehingga mesin *electrospinning* yang telah dibuat pada penelitian ini telah mampu membuat serat dalam skala nanometer.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini diatas, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Parameter umum pembuatan mesin *electrospinning* yaitu resolusi laju

penyemprotan larutan dalam $\mu\text{l}/\text{menit}$ dan besarnya sumber listrik tegangan tinggi dalam satuan kiloVolt (kV).

2. Hasil karakterisasi menggunakan AFM pada luasan serat $50\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$, ukuran serat berada pada kisaran $< 1\ \mu\text{m}$ yang termasuk dalam orde 1000 nm.
3. Mesin *electrospinning* yang telah dibuat pada penelitian ini telah mampu membuat serat dalam skala nanometer.

SARAN

Pembuatan mesin *electrospinning* ini tidak terlepas dari kekurangan dalam menghasilkan produk yang lebih mudah digunakan dan mudah perawatannya. Sehingga kedepannya masih diperlukan banyak penyempurnaan dari sisi tersebut, mengingat masih

sedikit penggunaan mesin ini di Indonesia untuk penelitian rekayasa material berbentuk serat yang otomatis peluang topik serat nano masih terbuka lebar untuk peneliti dosen maupun mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] He, J. H., Y. Liu, L. F. Mo, Y. Q. Wan, dan L. Xu. 2008. *Electrospun Nanofibers and Their Application*
- [2] Lotus A. F., 2008, *Synthesis Ceramic Nanofibers, Development of P-N Junctions And Bandgap Engineering by Electrospinning*.
- [3] Sigmund, W., J. Yuh, H. Park, V. Maneeratana, G. Pyrrgiotakis, A. Daga, dkk. 2006. *Processing and Structure Relationships in Electrospinning of Ceramic Fiber Systems*.