

FABRIKASI FIBER *POLYVINYL ALCOHOL* (PVA) DENGAN ELEKTROSPINING

Anita Fira Waluyo¹, Harsojo Sabarman^{2,3}

¹Program Studi Informatika, Universitas Teknologi Yogyakarta

²Jurusan Fisika, FMIPA-Universitas Gadjah Mada

³Group Riset Nanomaterials UGM

Email: anitafira@staff.uty.ac.id

Abstract

The manufacture of Polyvinyl Alcohol (PVA) polymer fiber with a concentration of 8%, 10% and 12% by electrospinning method. The electrospinning process was carried out by varying the distance of the needle tip to the collector electrodes of 10cm, 12.5cm and 15cm fibers which were operated at DC voltages varying from 10kV, 12.5kV and 15kV. The results show that there is a connection between the shape of the fiber made by the variation of the distance of the needle tip to the collecting electrode and the voltage variation.

Keywords: Electrospinning, PVA, Viscosity, Fiber

Abstrak

Telah dilakukan pembuatan fiber polimer *Polyvinyl Alcohol* (PVA) dengan konsentrasi 8%, 10% dan 12% dengan metode elektrospinning. Proses elektrospinning dilakukan dengan variasi jarak ujung jarum ke elektroda pengumpul fiber 10cm, 12,5cm dan 15cm yang dioperasikan pada tegangan DC yang divariasikan dari 10kV, 12,5kV dan 15kV. Hasil perolehan menunjukkan adanya kaitan antara bentuk fiber yang dibuat dengan adanya variasi jarak ujung jarum ke elektroda pengumpul serta variasi tegangan.

Kata kunci: Elektrospinning, PVA, Viskositas, Fiber

PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang kemajuan teknologi nano berkembang sangat cepat. Salah satu bidang nanoteknologi yang sedang banyak dikembangkan adalah pembuatan nanofiber. Nanofiber dari suatu bahan polimer memiliki sifat dan karakteristik seperti luas permukaannya yang tinggi serta ukuran pori yang kecil. Nanofiber berpotensi untuk digunakan sebagai media filtrasi, serat optik, sistem penghantaran obat (*drug delivery*) dalam bidang farmasi, tissue scaffolds dalam bidang medis, dan pakaian pelindung (*protective clothing*).

Beberapa metode telah dikembangkan untuk fabrikasi nanofiber, seperti template, self-assembly, pemisahan fase, dan elektrospinning. Diantara metode-metode tersebut, elektrospinning merupakan metode yang relatif cepat, sederhana dan efektif untuk fabrikasi nanofiber. Elektrospinning dapat menghasilkan nanofiber yang kontinyu pada skala besar dan diameter fibernya dapat disesuaikan dari nanometer sampai micrometer (Fang, 2011).

Elektrospinning adalah metode dimana larutan polimer diberi muatan oleh medan listrik. Pada dasarnya ada tiga komponen utama terpenuhinya proses

pembuatan nanofiber melalui metode elektrospining, yaitu: tersedianya tegangan tinggi, pipa kapiler dengan pipet atau jarum dengan diameter yang kecil dan layar kolektor logam.

Untuk menghasilkan nanofiber yang seragam dengan reproduktifitas tinggi, maka stabilitas cone jet yang berhubungan dengan stabilitas arus tetap dalam proses elektrospinning perlu dijaga. Fiber yang diperoleh dari hasil elektrospining diharapkan tidak terdapat beads.

Dalam penelitian ini dibuat suatu material fiber PVA menggunakan metode elektrospining dengan harapan menghasilkan fiber yang halus, seragam (uniform), dan kontinyu sehingga memiliki permukaan yang luas. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat menghasilkan fiber PVA berukuran nano.

Membran nanofiber PVA yang difungsionalisasi mampu secara selektif menghilangkan bahan kimia yang dibebankan dengan aplikasi potensial untuk

memurnikan cairan campuran dan memberikan sampel murni untuk deteksi dalam sistem pengujian skala kecil (Xiao, 2018).

METODE PENELITIAN

Pada pembuatan fiber PVA, larutan uji yang digunakan adalah polimer PVA yang dilarutkan dalam dionezed water dengan variasi konsentrasi 8%, 10% dan 12%. Konsentrasi PVA yang dilarutkan dalam dionized water dihitung melalui persamaan 1.

$$\% \text{Berat} = \frac{X}{X + Y} 100\% \quad (1)$$

Dengan X adalah berat zat terlarut dan Y adalah berat zat pelarut. Pada pembuatan larutan PVA terdapat beberapa parameter yang digunakan seperti yang terdapat pada Tabel 1, lalu pada setiap variasi larutan uji PVA dilakukan uji viskositas yang dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar UGM dengan menggunakan viskometer Ostwald.

Tabel 1. Parameter pembuatan larutan PVA

No	Sampel	PVA (g)	Aquabidest (mL)	Suhu <i>hot plate</i> ($^{\circ}\text{C}$)	Kecepatan stirrer (rpm)	Durasi pengadukan (menit)
1.	PVA 8%	0,8	9,2	120	700	45
2.	PVA 10%	1,0	9,0	120	700	45
3.	PVA 12%	1,2	8,8	120	700	45

Pada pengukuran viskositas menggunakan viskometer Ostwald, viskositas ditentukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan

bagi cairan uji untuk lewat antara dua tanda ketika ia mengalir karena gravitasi, melalui suatu tabung kapiler vertikal. Waktu alir

dari cairan yang diuji dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan bagi suatu cairan yang viskositasnya sudah diketahui (yaitu air) untuk lewat antara dua tanda tersebut.

Jika η_1 dan η_2 masing-masing adalah viskositas dari cairan yang tidak diketahui (yaitu larutan PVA) dan cairan standar (air), ρ_1 dan ρ_2 adalah kerapatan dari masing-masing cairan, t_1 dan t_2 adalah waktu alir dalam detik., maka viskositas larutan PVA adalah:

$$\eta_1 = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2} \eta_2 \quad (2)$$

η_2 dan ρ_2 dapat diketahui dari literatur, ρ_1 diperoleh dari pengukuran kerapatan (berat jenis), t_1 dan t_2 masing-masing diketahui dengan cara mengukur waktu yang diperlukan oleh zat uji maupun air untuk mengalir melalui dua garis tanda pada tabung kapiler viskometer Ostwald. Pada pengukuran ρ_1 , yang merupakan berat jenis larutan PVA dihitung menggunakan perbandingan massa serbuk PVA dengan

volume dari gelas ukur yang digunakan saat pengukuran. Persamaan yang digunakan untuk perhitungan berat jenis larutan PVA adalah:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3)$$

ρ adalah massa jenis, m adalah massa sampel dan V adalah volume tempat massa sampel (mL). Perhitungan berat jenis larutan PVA terdapat pada Tabel 2, sedangkan untuk hasil pengukuran viskositas terdapat pada Tabel 3.

Skema Penelitian

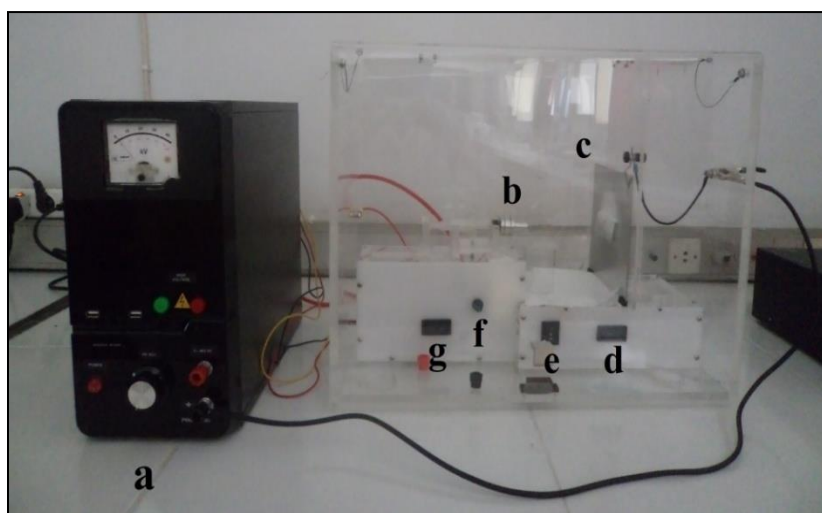
Setelah itu, dari tiap larutan uji PVA dielektrospining dengan melakukan variasi tegangan (10; 12,5; 15 kV) dan jarak (10; 12,5; 15 m). Skema penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 1. Kemudian, dilakukan uji morfologi fiber yang diperoleh dari hasil elektrospining melalui mikroskop digital untuk diperoleh fiber yang homogen dan tidak ada *beads*.

Tabel 2. Tabel data berat jenis larutan PVA

No	Larutan	Berat larutan (g)	Volume gelas ukur (mL)	Massa jenis larutan (g/mL)
1	Aquabidest	1,97	2	0,98
2	PVA 8%	1,70	2	0,85
3	PVA 10%	1,75	2	0,88
4	PVA 12%	1,80	2	0,90

Tabel 3. Viskositas sampel larutan PVA

Zat/bahan	Suhu (°C)	Waktu (s)			Rata-rata (s)	Viskositas (cP)
		1	2	3		
Aquabidest	28	16,88	16,87	16,78	16,84	1,05±0,05
PVA 8%	28	542,22	553,31	550	548,51	28,34±0,40
PVA 10%	28	1185,60	1167,56	1152,62	1168,59	62,09±0,44
PVA 12%	28	3604,51	3603,22	3602,54	3603,42	196,7±0,75



Gambar 1. Skema elektrospining, (a) sumber tegangan, (b) syringe, (c) kolektor, (d) tombol pengatur jarak kolektor, (e) tombol pengatur pendorong syringe (otomatis/manual), (f) pendorong syringe otomatis, (g) pendorong syringe manual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Polyvinyl Alkohol adalah polimer tidak berbau, tidak beracun, larut air, bisa membentuk plastik film yang baik, kekuatan mekanik serta fleksibilitas yang baik. Karakteristik fisik serta fungsi khusus Polyvinyl Alkohol seperti kelarutan (*solubilitas*) bergantung pada derajat polimerisasi serta derajat hidrolisis, baik hidrolisis sebagian maupun hidrolisis sempurna. (Zhang, 2009)

PVA merupakan salah satu polimer hidrofilik berbentuk padatan kering, butiran

atau bubuk dan berwarna putih. PVA merupakan polimer yang larut dalam air, tidak beracun, non karsinogenik, mempunyai ketercampuran hayati yang baik dan memiliki sifat fisik yang elastik. Tingkat kelarutan dan kekentalan dari PVA tergantung pada tingkat polimerisasi dan tingkat hidrolisis (Simanjuntak, 2008). Struktur kimia dari PVA mempunyai rumus kimia $[(C_2H_4OH)]_x$

Data Viskositas

Karakterisasi fiber PVA menggunakan mikroskop digital dilakukan

pada larutan PVA dengan variasi konsentrasi larutan (8%, 10%, 12%). Pada setiap variasi konsentrasi larutan PVA, dilakukan uji viskositas menggunakan viskositas Ostwald.

Viskositas dapat dinyatakan sebagai tahanan aliran fluida yang merupakan gesekan antara molekul–molekul cairan satu dengan yang lain. Fluida, baik zat cair maupun zat gas yang jenisnya berbeda memiliki tingkat kekentalan yang berbeda. Viskositas alias kekentalan sebenarnya merupakan gaya gesekan antara molekul–molekul yang menyusun suatu fluida. Jadi molekul–molekul yang membentuk suatu fluida saling gesek–menggesek ketika fluida tersebut mengalir. Pada zat cair, viskositas disebabkan karena adanya gaya kohesi (gaya tarik menarik antara molekul sejenis). Sedangkan dalam zat gas, viskositas disebabkan oleh tumbukan antara molekul.

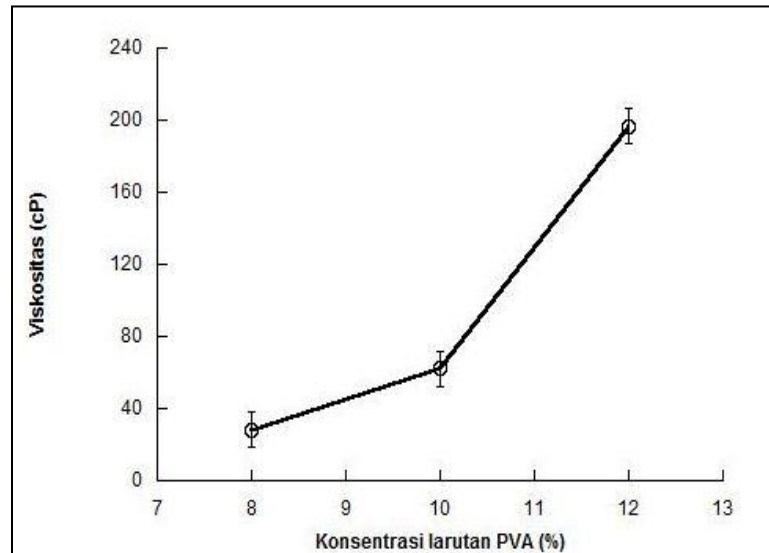
Suatu jenis cairan yang mudah mengalir dapat dikatakan memiliki viskositas yang rendah, dan sebaliknya bahan–bahan yang sulit mengalir dikatakan memiliki viskositas yang tinggi. Untuk

konsentrasi larutan PVA 8% memiliki nilai viskositas $(28,34 \pm 0,40)$ cP, PVA 10% memiliki nilai viskositas $(62,09 \pm 0,44)$ cP dan PVA 12% memiliki nilai viskositas $(196,7 \pm 0,75)$ cP.

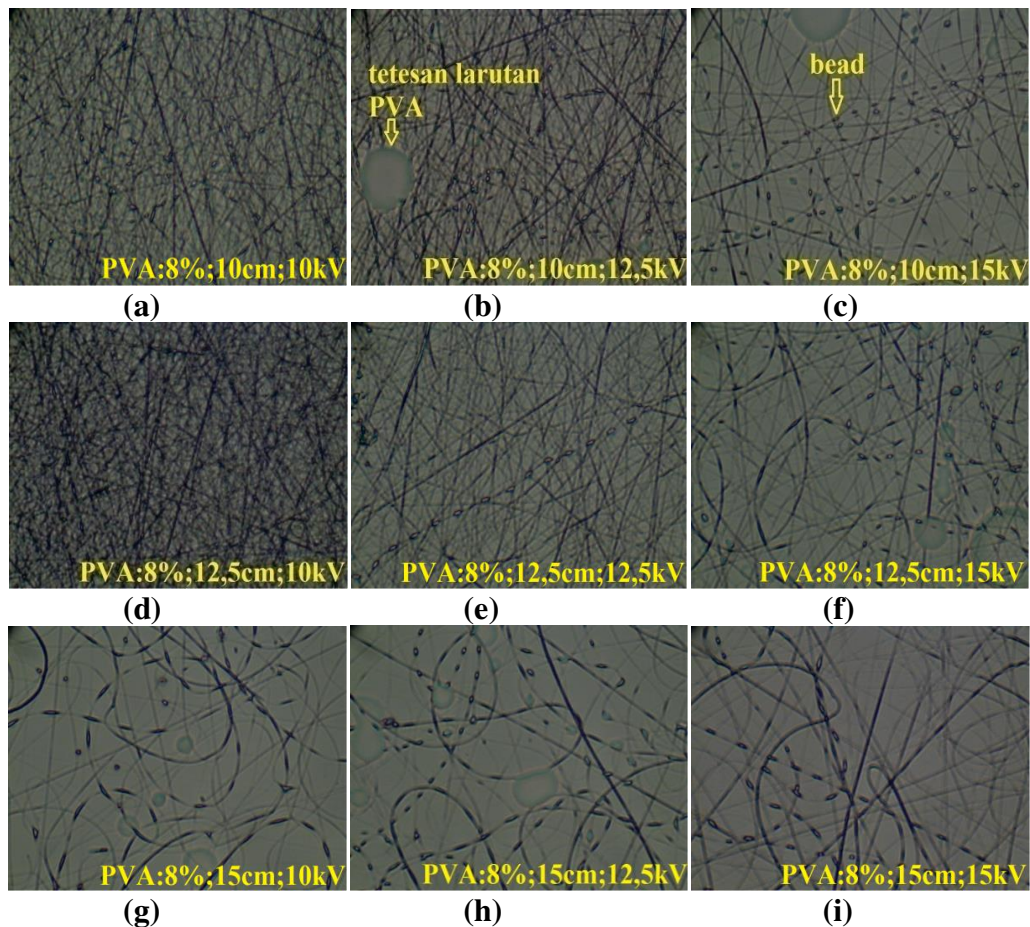
Pada Gambar 2 nampak bahwa viskositas berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Suatu larutan dengan konsentrasi tinggi akan memiliki viskositas yang tinggi, karena konsentrasi larutan menyatakan banyaknya partikel zat yang terlarut tiap satuan volume. Semakin banyak partikel yang terlarut, maka akan mengakibatkan gaya gesekan antar partikel akan semakin tinggi pula. Hal ini sudah sesuai dengan hukum Stokes yang menyatakan tentang besar gaya gesekan yang dialami oleh suatu benda di dalam fluida, yaitu :

$$F_f = 6\pi\eta rv \quad (4)$$

Dimana F_f merupakan gaya gesekan di dalam fluida, η adalah viskositas fluida, r adalah jari-jari benda (bola), v adalah kecepatan gerakan benda.



Gambar 2. Grafik hubungan antara viskositas dengan konsentrasi larutan PVA (8%, 10% dan 12%).



Gambar 3. Foto mikroskop dari PVA 8% dengan variasi jarak antara ujung jarum dengan kolektor (10cm; 12,5cm; 15cm) dan sumber tegangan yang diberikan (10kV; 12,5kV; 15kV).

Anita dkk/Elektrospining/Vol 5, No.1, Hal 88-98, (2019)

Setelah uji viskositas pada konsentrasi larutan PVA 8%, 10% dan 12%, dilakukan elektrospining selama satu menit dari larutan PVA tersebut. Selain variasi konsentrasi, juga dilakukan variasi jarak antara ujung jarum dan kolektor (10cm; 12,5cm; 15cm) serta tegangan (10kV; 12,5kV; 15kV). Fiber yang dihasilkan dari elektrospining selama satu menit diletakkan pada kaca objek mikroskop untuk dikarakterisasi dengan mikroskop digital seperti yang terlihat pada Gambar 3, 4 dan 5.

Data Mikroskop

Gambar 3 merupakan hasil fiber dari larutan PVA 8% dan dapat diketahui bahwa belum dihasilkan fiber yang halus, lurus dan homogen. Semakin jauh jarak antara ujung jarum dan kolektor serta dengan semakin tingginya tegangan yang diberikan, fiber yang dihasilkan semakin sedikit. Namun, fiber yang dihasilkan masih terdapat banyak *beads* dan juga masih terlihat adanya tetesan larutan PVA. Setelah dilakukan elektrospining pada larutan PVA 8% dan belum dihasilkan fiber yang halus, lurus dan homogen, lalu dilakukan elektrospining larutan PVA 10% dan hasilnya dikarakterisasi melalui mikroskop digital seperti yang terlihat pada Gambar 4. Pada Gambar 4 terlihat bahwa dengan semakin tinggi tegangan yang

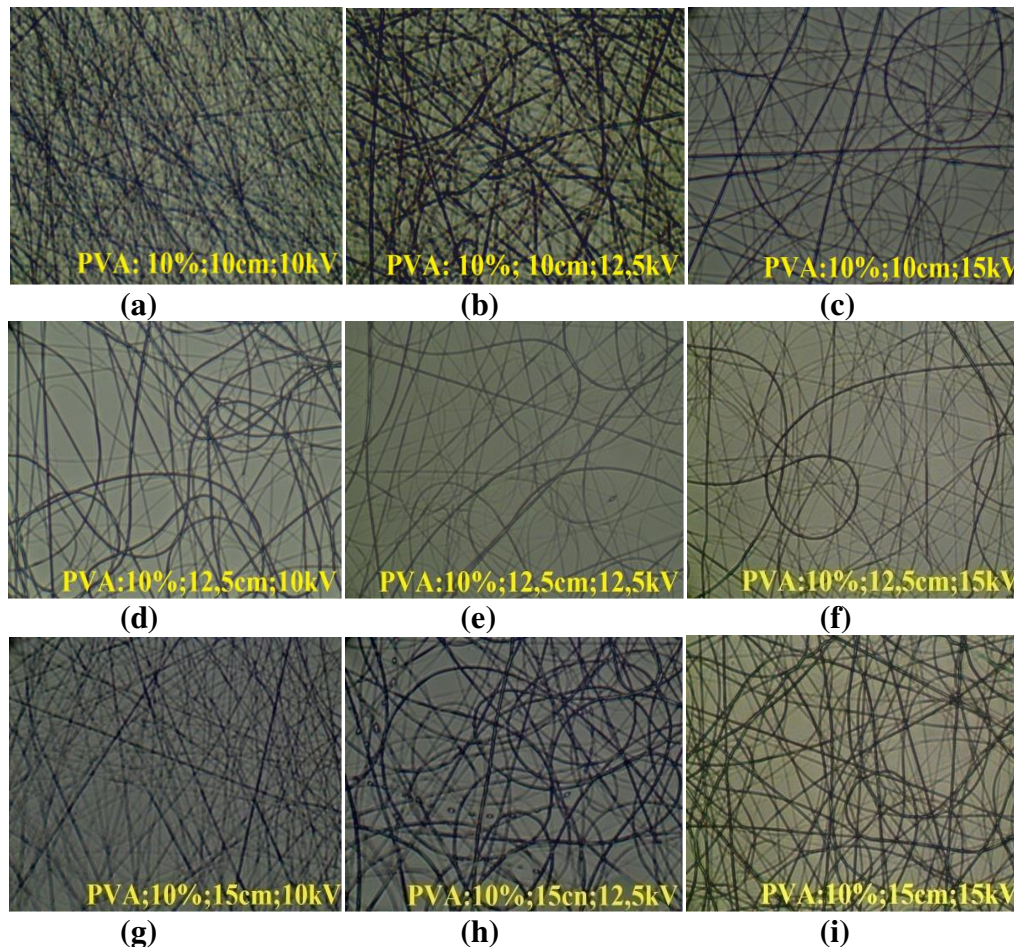
diberikan ketika jarak antara jarum dan kolektor dibuat tetap, fiber yang dihasilkan semakin sedikit, halus, lurus dan *beads* yang muncul semakin berkurang. Begitu juga ketika semakin jauh jarak antara jarum dan kolektor ketika tegangan dibuat tetap. Walaupun masih terdapat *beads* pada fiber, tetapi *beads* yang terdapat pada fiber larutan PVA 10% terlihat lebih sedikit dibandingkan dengan *beads* pada fiber larutan 8%. Hal ini disebabkan larutan PVA 10% memiliki viskositas lebih tinggi dibandingkan dengan larutan PVA 8%

Fiber terlihat halus, lurus dan homogen dari PVA 10% saat jarak antara ujung jarum dan kolektor 15 cm dan tegangan yang diberikan 15 kV. Sedangkan pada hasil foto mikroskop dengan jarak antara ujung jarum dan kolektor serta tegangan yang lainnya masih terdapat *beads*.

Walaupun pada larutan PVA 10% dengan jarak antara ujung jarum dan kolektor 15 cm dan tegangan yang diberikan 15 kV sudah menghasilkan fiber yang lurus dan homogen, masih dilakukan uji coba pada larutan PVA 12% untuk mengetahui fiber yang dihasilkan melalui elektrospining. Hasil elektrospining dari larutan PVA 12% terlihat pada Gambar 5 dan terlihat bahwa fiber yang dihasilkan masih terlihat adanya *beads*. Fiber yang dihasilkan sudah homogen, tetapi masih

belum halus dan lurus. Hal ini dikarenakan larutan PVA 12% memiliki viskositas yang tinggi, sehingga memerlukan tegangan

yang lebih tinggi untuk menghasilkan fiber yang halus, lurus dan homogen.



Gambar 4. Foto mikroskop dari PVA 10% dengan variasi jarak antara jarum dengan kolektor (10cm; 12,5cm; 15cm) dan sumber tegangan yang diberikan (10kV; 12,5kV; 15kV).

Dari Gambar 3, 4 dan 5 dapat diketahui bahwa fiber dari larutan PVA 8% terlihat lebih banyak *beads*. Fiber dengan larutan PVA konsentrasi lebih tinggi secara umum sudah kering ketika sampai pada kolektor dibandingkan dengan fiber dengan larutan PVA konsentrasi rendah.

Selain konsentrasi larutan, tegangan yang diberikan serta jarak antara ujung

jarum dan kolektor merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi morfologi fiber. Ketika medan potensial atau sumber tegangan tetap, sedangkan jarak antara ujung jarum dan kolektor berubah semakin jauh, maka kuat medan listrik semakin kecil. Namun, ketika jarak antara ujung jarum dan kolektor tetap sedangkan sumber tegangan berubah semakin tinggi, maka

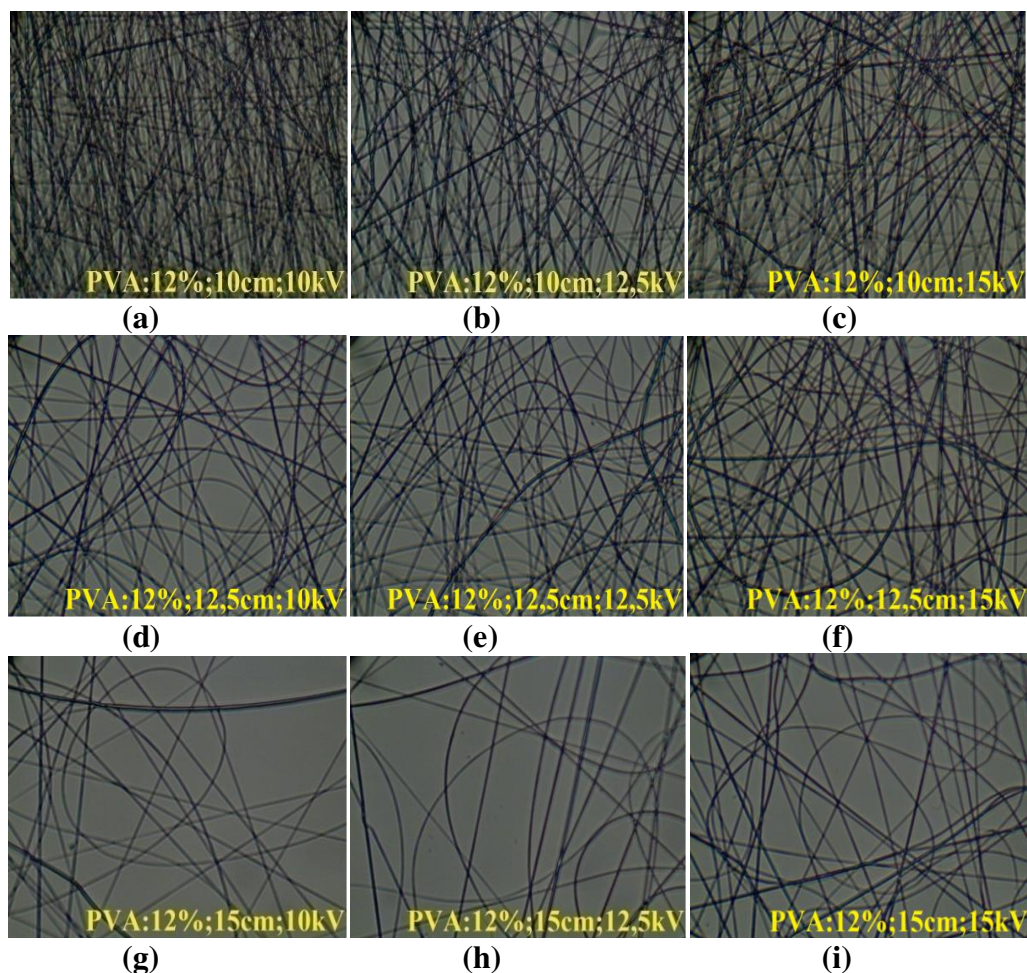
kuat medan listrik yang dibutuhkan juga akan semakin tinggi.

Kuat medan listrik merupakan besar kecilnya gaya yang dialami oleh suatu muatan listrik di dalam medan listrik. Sehingga, ketika semakin kecil kuat medan listrik, maka besarnya gaya Coulomb juga semakin kecil, begitu juga sebaliknya. Besarnya kuat medan listrik dirumuskan sebagai berikut :

$$F(x, y, z) = -q\Delta\phi \quad (5)$$

Dengan ϕ merupakan kuat medan listrik (N/C), F adalah gaya Coulomb (N), dan q

adalah muatan listrik pada sumber medan (C). Besar kecilnya gaya Coulomb akan mempengaruhi besar kecilnya tegangan permukaan yang muncul. Tegangan permukaan adalah gaya yang diakibatkan oleh suatu benda yang bekerja pada permukaan zat cair sepanjang permukaan yang menyentuh benda itu. Tegangan permukaan yang timbul akan semakin besar jika gaya coulomb medan listrik yang ada juga semakin tinggi.



Gambar 5. Foto mikroskop dari PVA 12% dengan variasi jarak antara jarum dengan kolektor (10cm; 12,5cm; 15cm) dan sumber tegangan yang diberikan (10kV; 12,5kV; 15kV).

Ketika gaya Coulomb medan listrik pada larutan yang memancar (*jet*) rendah, maka tegangan permukaan juga akan rendah sehingga *jet* tidak cukup diregangkan oleh medan listrik, begitu juga sebaliknya. Jika pada suatu permukaan sepanjang l bekerja gaya sebesar F yang arahnya tegak lurus pada l , γ dan menyatakan tegangan permukaan (N/m), maka berlaku persamaan:

$$\gamma = \frac{F(x, y, z)}{l} \quad (6)$$

Pada saat tegangan listrik dinaikan maka besarnya peregangan *jet* larutan polimer juga meningkat sehingga *beads* yang berbentuk bola pada celah-celah fiber akan ditarik menjadi bentuk lurus sehingga fiber yang dihasilkan terlihat lebih seragam (*uniform*).

Setiap konsentrasi larutan PVA memiliki batas sumber tegangan masing-masing agar dapat menghasilkan fiber yang lurus dan homogen. Semakin tinggi sumber tegangan, maka tegangan permukaan pada larutan polimer PVA pun akan semakin bertambah yang akan menyebabkan berkurangnya *beads* yang akan terbentuk pada fiber.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa fiber PVA yang halus, lurus, dan tidak terdapat *beads* adalah fiber dengan larutan uji PVA 10% dengan jarak antara elektroda dan kolektor 15cm dan tegangan 15kV. Apabila

larutan uji PVA yang digunakan konsentrasinya lebih besar dari 12%, tidak memungkinkan terbentuk fiber ketika dielektrospining walaupun menggunakan jarum dengan diameter lebih besar dari 0,55x25mm. Dengan alat elektrospining yang memiliki tegangan maksimal 15kV, larutan uji PVA dengan konsentrasi lebih besar dari 12% terlalu kental untuk dielektrospining.

KESIMPULAN

Hasil sintesis fiber merupakan larutan PVA dengan rasio berat 8%, 10% dan 12%. Jarak ujung jarum ke pengumpul fiber 10cm, 12,5cm, dan 15cm yang dioperasikan pada tegangan DC 10kV, 12,5kV, dan 15kV. Morfologi fiber diamati dengan menggunakan mikroskop, dimana seratnya sudah kontinu serta tidak ada *beads* untuk larutan PVA 10% dengan jarak antara ujung jarum dan kolektor 15cm dan tegangan 15kV.

DAFTAR PUSTAKA

- Fang, J., Wang, X., Lin, T., (2011), *Functional Applications of Electrospun Nanofibers*. InTech, Bab 14 buku Nanofiber-Production, Properties and Functional Applications.
- Simanjuntak, M., J., (2008), *Studi Film Polyvinil Alkohol (PVA) Dimodifikasi*

Anita dkk/Elektrospining/Vol 5, No.1, Hal 88-98, (2019)

dengan Acrylamide (AAM) sebagai Material Sensitif terhadap Kelembaban, Universitas Indonesia (Tesis).

Xiao, M., Chery, J., dan Margaret, W. F., (2018), *Functionalization of Electrospun Poly(vinyl alcohol) (PVA) Nanofiber Membranes for Selective Chemical Capture*, *ACS Appl. Nano Mater.*, 1 (2). 722–729

Zhang, Q. G., Liu, Q. L., Zhu, A. M., Xiong, Y., dan Ren, L., (2009), *Pervaporation Performance of Quaternized Poly(vinyl alcohol) and Its Crosslinked Membranes for The Dehydration of Ethanol*. *J. Membr. Sci.*, 335, 68-75.