

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

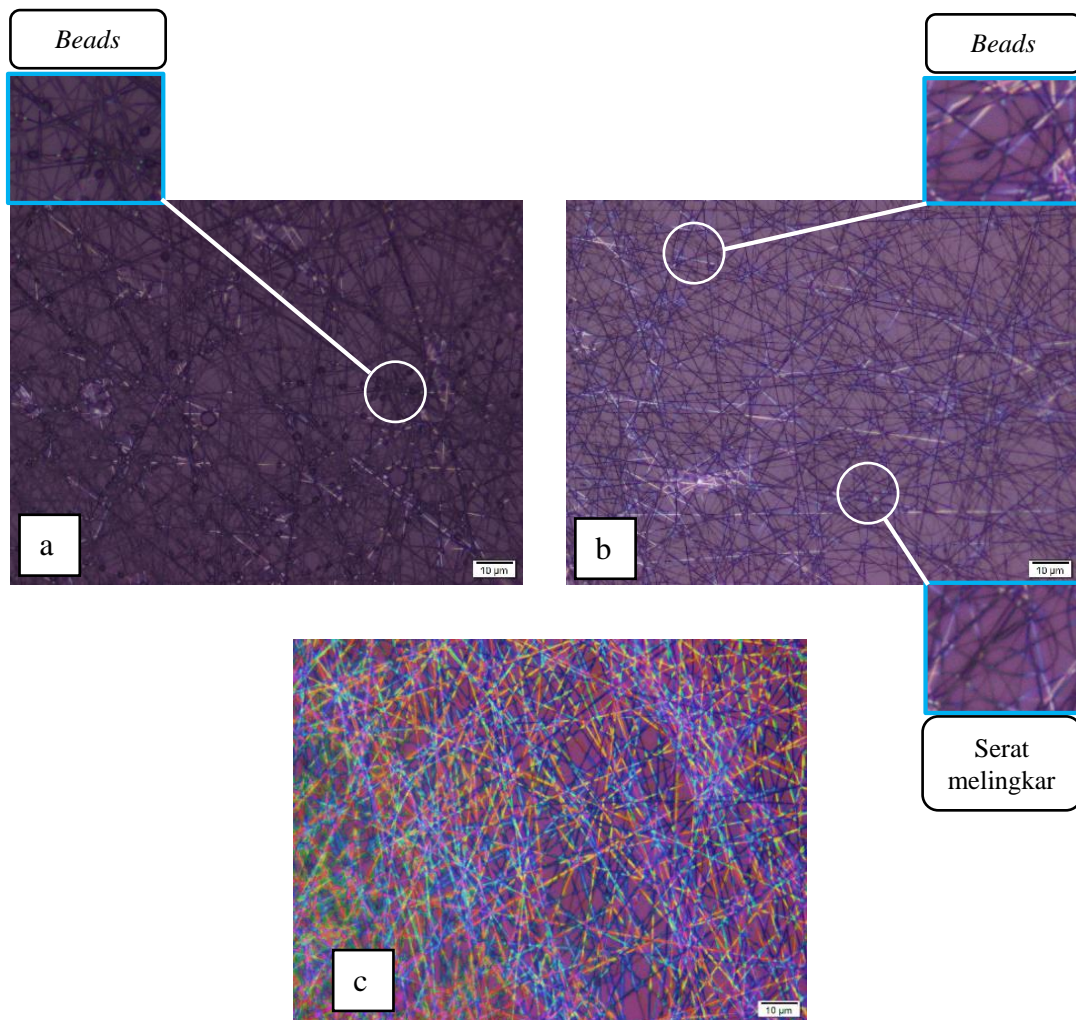
#### 4.1 Hasil Optimasi *Electrospinning*

Dari beberapa parameter proses *electrospinning* yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, penentuan parameter variabel seperti *tip to collector distance* (TCD) dan tegangan merupakan proses utama untuk dapat mengidentifikasi hasil dari proses *electrospinning*. Oleh karena itu, pada penelitian ini proses optimasi dilakukan dengan menentukan TCD (8; 10; 12,5 cm) dan tetegangan (10; 12,5; 15 kV) yang digunakan untuk fabrikasi membran *nanofiber*. Setelah proses optimasi, diharapkan dapat menghasilkan membran *nanofiber* yang paling optimal dengan memiliki struktur serat seragam dan diameter yang kecil.

Hasil optimasi parameter proses *electrospinning* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1, dimana membran *nanofiber* (Gambar 4.1 (a)) menunjukkan fenomena terdapatnya *beads* pada struktur fiber. Adanya *beads* disebabkan karena parameter tegangan yang diberikan rendah 10 kV dan kurangnya lama waktu proses penguapan yang dibutuhkan akibat dari jarak *spinneret* terhadap kolektor diberikan terlalu dekat yaitu 8 cm, sehingga polimer yang tertarik ke permukaan kolektor tidak dapat membentuk fiber secara sempurna (Meilanny dkk, 2015). Membran *nanofiber* (Gambar 4.1 (b)) juga menunjukkan fenomena terdapatnya *beads* dan serat melingkar, hal ini disebabkan oleh ketidakstabilan *jet stream* (peristiwa terpancarnya larutan bermuatan) sehingga fiber yang terbentuk pada permukaan kolektor tidak kontinu (Hendriawan dkk, 2013). Adapun Solu (Gambar 4.1 (c)) menunjukkan bahwa struktur *nanofiber* telah terbentuk secara kontinu serta tidak terbentuknya *beads*, sehingga parameter *electrospinning* dengan tegangan 15 kV dan TCD 12,5 cm dapat digunakan dalam pembuatan membran *nanofiber*.

**Tabel 4.1** Hasil optimasi parameter kondisi *electrospinning*.

TCD (cm)	Tegangan (kV)		
	10	12,5	15
8	Terdapat <i>beads</i>	Terdapat <i>beads</i>	Terdapat <i>beads</i>
10	Terdapat <i>beads</i> dan serat melingkar	Terdapat <i>beads</i> dan serat melingkar	Terdapat <i>beads</i> dan serat melingkar
12,5	Terdapat <i>beads</i>	Terdapat <i>beads</i>	Kontinyu

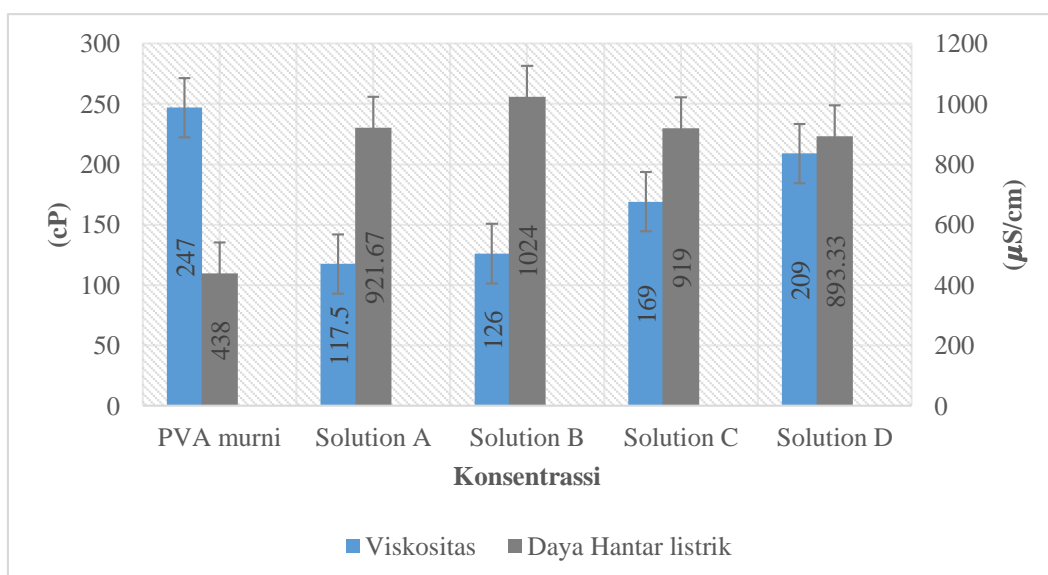


**Gambar 4.1** Hasil optimasi parameter proses *electrospinning* menggunakan *optical microscope*: (a) Tegangan 10 kV dan TCD 8 cm; (b) Tegangan 12,5 Kv dan TCD 10 cm; (c) Tegangan 15 kV dan TCD 12,5 cm.

#### 4.2 Analisis Nilai Viskositas dan Daya Hantar Listrik (DHL)

Tabel 4.2 Hasil pengujian viskositas dan daya hantar listrik (DHL) polimer.

No	Konsentrasi	Viskositas (cP)	Daya hantar listrik ( $\mu\text{S/cm}$ )
1	PVA murni	247	438
2	Solution A	117,5	921.67
3	Solution B	126	1024
4	Solution C	169	919
5	Solution D	209	893.33

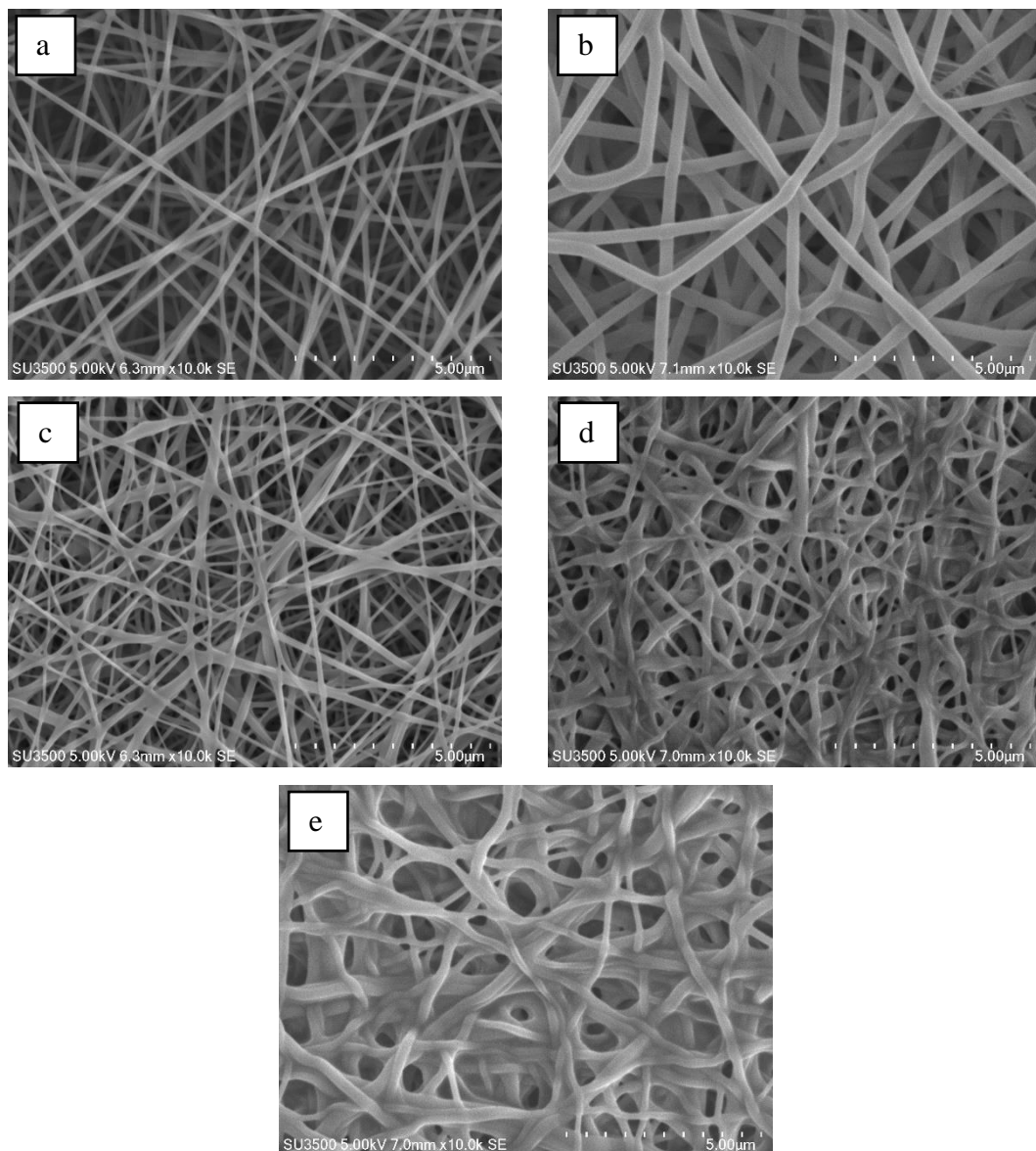


Gambar 4.2 Grafik hubungan konsentrasi terhadap nilai viskositas dan DHL

Setiap penambahan konsentrasi *aloe vera* alami kedalam larutan PVA menyebabkan terjadinya peningkatan nilai viskositas dan penurunan nilai daya hantar listrik ditunjukkan pada (Tabel 4.2) dan (Gambar 4.2). Selanjutnya setiap penambahan konsentrasi *aloe vera* ekstrak kedalam matriks PVA/*aloe vera* alami dapat meningkatkan nilai viskositas dan daya hantar listrik. Namun terjadinya peningkatan nilai daya hantar listrik pada polimer *solution A* ke *solution B* menyebabkan terjadinya peningkatan daya hantar listrik, hal ini dipengaruhi oleh jenis pelarut dan kadar garam terionisasi (Bhardwaj dkk, 2010).

### 4.3 Karakteristik Morfologi

Pengamatan pada sampel membran *nanofiber* yang dibuat menggunakan metode *electrospinning* dengan variasi konsentrasi PVA murni serta *solution A*, B, C dan D dilakukan menggunakan SEM dengan perbesaran 10.000 kali untuk mengetahui morfologi dan struktur fibernya secara detail. Morfologi dan struktur fiber dapat dilihat seperti pada (Gambar 4.3).

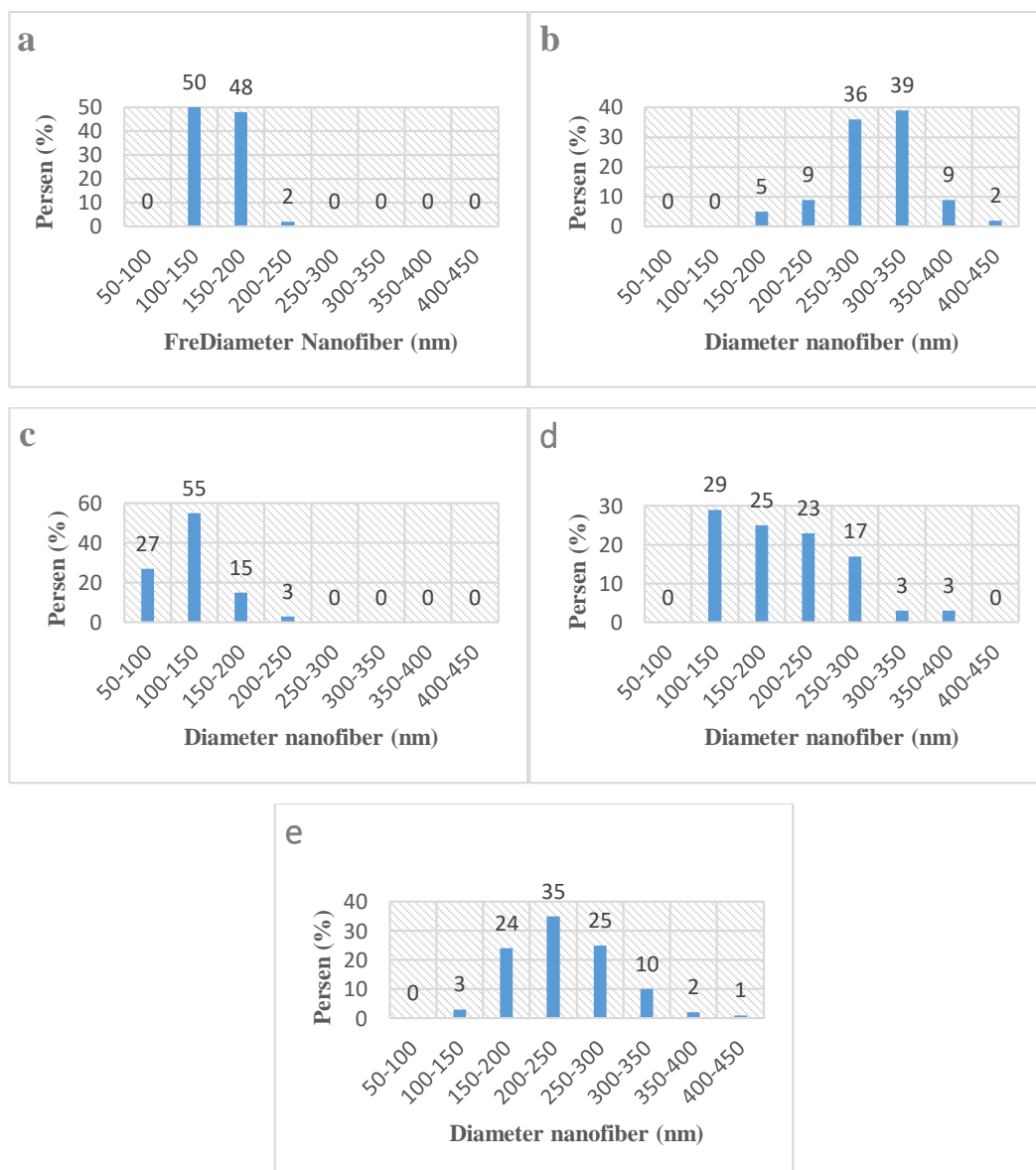


**Gambar 4.3** Morfologi dan struktur serat fiber menggunakan SEM; (a) PVA murni, (b) *Solution A* 0%, (c) *Solution B* 1%, (d) *Solution C* 3% dan (e) *Solution D* 5%.

Dari hasil pengamatan morfologi *nanofiber* menggunakan SEM menunjukkan bahwa permukaan membran *nanofiber* dengan konsentrasi PVA murni serta *solution* A, B, C dan D tidak ditemukannya *beads* dan terbentuknya ikatan silang. Keseragaman struktur fiber terlihat cenderung mulai berkurang disebabkan viskositas larutan yang semakin meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi *aloe vera* ekstrak bubuk. *Solution* A (Gambar 4.3 (b)) menunjukkan struktur fiber yang melingkar/melengkung yang disebabkan oleh viskositas larutan terlalu rendah. Struktur fiber pada *solution* D dan *solution* E menunjukkan permukaan yang dominan tidak rata, hal ini terjadi akibat dari viskositas larutan yang meningkat tinggi sehingga tidak ada cukup waktu bagi larutan untuk menguap ketika menyentuh kolektor. Ketika jarak spinneret terhadap kolektor terlalu rendah, larutan dengan viskositas berlebih dapat menyebabkan fiber untuk bergabung/menumpuk dimana fiber membentuk persimpangan yang menghasilkan ikatan antar lapisan seperti yang ditunjukkan pada (Gambar 4.3 (d)) dan (Gambar 4.3 (e)). Adapun struktur fiber yang dihasilkan pada membran *nanofiber* *solution* A dominan rata dibanding *solution* C dan D, hal ini dikarenakan viskositas larutan yang sudah sesuai.

#### 4.4 Analisis Distribusi Diameter Fiber

Hasil foto morfologi membran *nanofiber* dengan SEM selanjutnya dilakukan pengukuran guna mengetahui detail distribusi diameter fiber pada 100 titik secara acak. Data pengukuran diameter fiber pada masing-masing variasi konsentrasi dapat dilihat pada (Gambar 4.4).

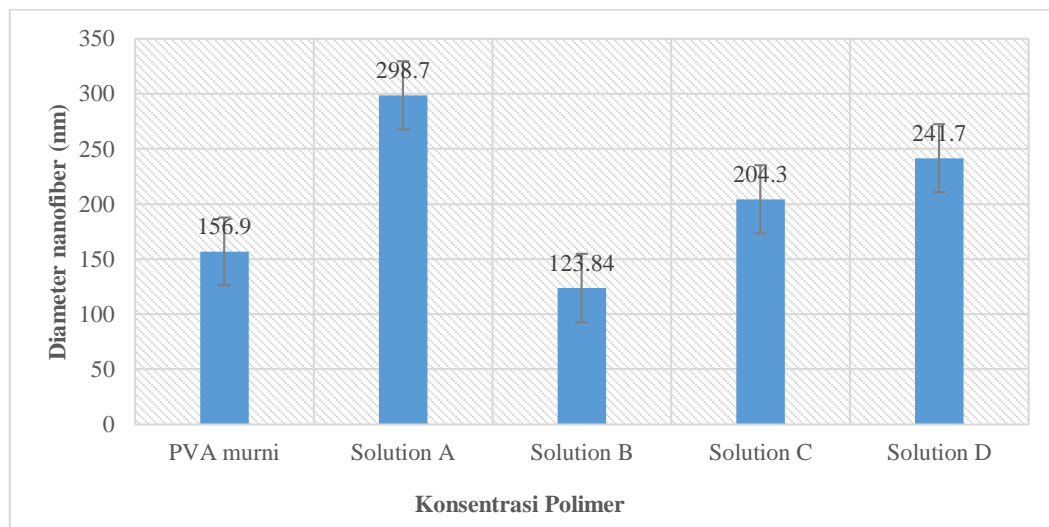


**Gambar 4.4** Distribusi diameter nanofiber; (a) PVA murni, (b) *Solution A* 0%, (c) *Solution B* 1%, (d) *Solution C* 3% dan (e) *Solution D* 5%.

Distribusi diameter *nanofiber* pada konsentrasi PVA murni mengalami keseragaman diameter fiber dengan rentang antara 100-250 nm dan lebih dominan berukuran antara 100-150 nm dengan jumlah 50 persen. Serat yang dihasilkan pada *solution* A, B, C, dan D mengalami ketidakseragaman diameter fiber. Konsentrasi 0% pada (Gambar 4.4 (b)) menunjukkan *nanofiber* mengalami peningkatan diameter yang sangat tinggi pada rentang 400-450 nm dengan jumlah 2 persen, sehingga akan berpengaruh terhadap penurunan sifat kuat tarik membran *nanofiber*. Akan tetapi diameter *nanofiber* lebih dominan pada rentang 300-350 nm dengan jumlah 39 persen.

*Solution* B pada (Gambar 4.4 (c)) menunjukkan *nanofiber* mengalami pengecilan diameter yang signifikan pada rentang 50-100 nm dengan jumlah 27 persen, sehingga dapat berpengaruh terhadap peningkatan kuat tarik membran *nanofiber*. Pengecilan diameter secara signifikan ini dipengaruhi oleh konsentrasi larutan yang digunakan sudah sesuai (Li & Wang, 2013). Kualitas *nanofiber* dari konsentrasi ini lebih baik dibanding konsentrasi lainnya dikarenakan memiliki diameter yang lebih kecil dengan persebaran 50-200 nm.

*Solution* C pada (Gambar 4.4 (d)) menunjukkan penurunan distribusi diameter *nanofiber* dari rentang 100-150 nm hingga rentang 350-400 nm dengan jumlah masing-masing 29 persen dan 3 persen. Sedangkan *solution* D pada (Gambar 4.4 (e)) mengalami peningkatan dan penurunan distribusi diameter *nanofiber*. Diameter tertinggi terbesar terdapat pada rentang 400-450 nm serta terkecil pada rentang 100-150 nm dengan jumlah masing-masing 1 persen dan 3 persen.



**Gambar 4.5** Kolerasi diameter rata-rata *nanofiber* terhadap konsentrasi polimer.

Kolerasi diameter rata-rata *nanofiber* terhadap konsentrasi PVA murni serta solution A, B, C dan D dapat ditunjukkan pada (Gambar 4.5). Semakin bertambahnya konsentrasi *aloe vera* ekstrak bubuk menunjukkan ukuran diameter *nanofiber* semakin meningkat. Peningkatan viskositas yang terlalu tinggi menyebabkan sulitnya polimer jet untuk dapat tertarik ke kolektor sehingga menghasilkan ukuran diameter yang lebih tebal. Namun pada konsentrasi 0% ke 1% mengalami penurunan diameter yang signifikan, hal ini dikarenakan konsentrasi larutan yang sudah sesuai pada penambahan *aloe vera* ekstrak 1%. Apabila konsentrasi larutan sesuai, proses *electrospinning* akan menghasilkan *nanofiber* yang halus (Li & Wang, 2013).

#### 4.5 Analisis Sifat Mekanis

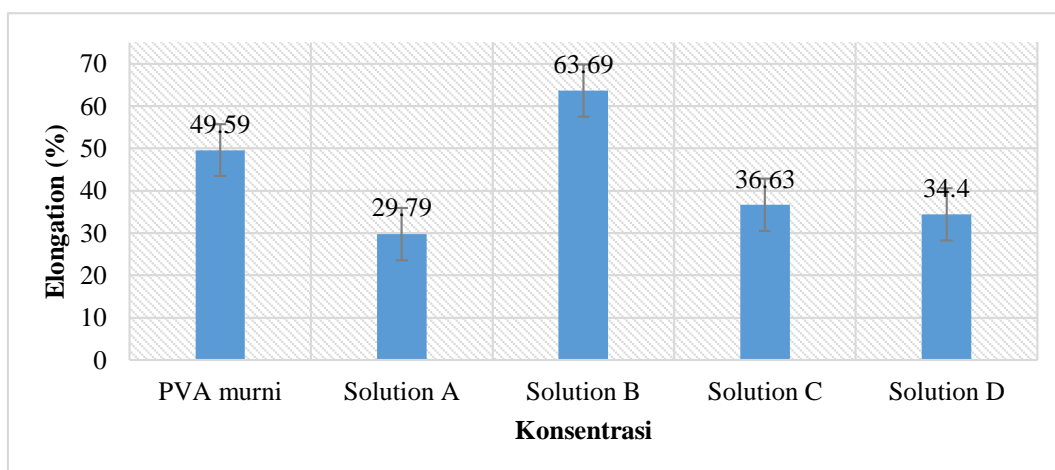
Analisis sifat mekanik dilakukan guna mengetahui nilai sifat kuat tarik, regangan dan modulus elastisitas membran *nanofiber* PVA murni dan PVA/*aloe vera* alami/*aloe vera* ekstrak. Analisis nilai kuat tarik dan regangan didapatkan melalui data hasil pengujian mekanik, sedangkan nilai dari modulus elastisitas dihitung dengan persamaan 3.3 menggunakan *software* microsoft excel.



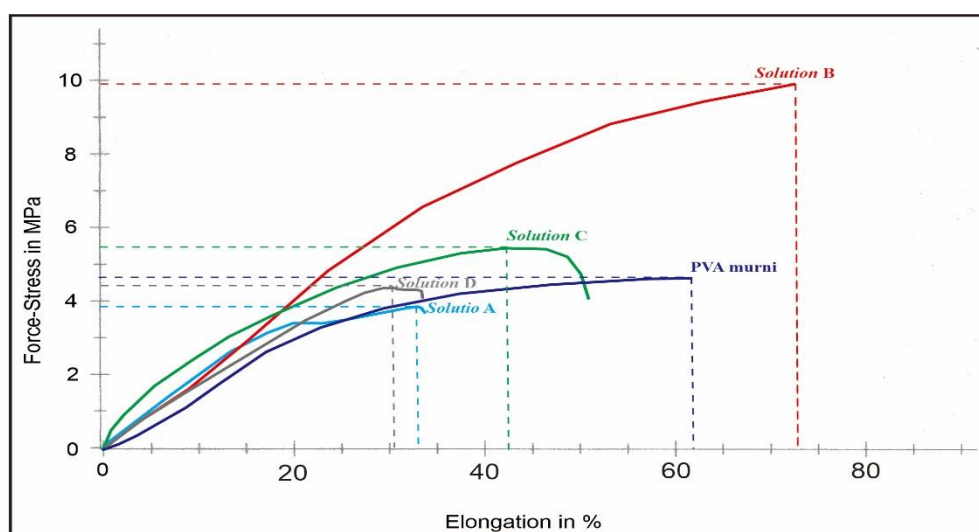
#### 4.5.1 Analisis Nilai Regangan (*Elongation*)

Tabel 4.3 Pengaruh variasi konsentrasi terhadap nilai regangan.

Sampel	PVA murni	<i>Solution A</i>	<i>Solution B</i>	<i>Solution C</i>	<i>Solution D</i>
Nilai regangan	39,6914	30,6278	76,1237	38,2793	36,4040
	46,6922	33,2582	72,9289	29,0355	36,1627
	62,3782	25,4690	42,0284	42,5800	30,6368
Rata-rata	49,59	29,79	63,69	36,63	34,40
Standar Deviasi	11,62	3,96	18,83	6,92	3,26



Gambar 4.6 Grafik pengaruh variasi konsentrasi terhadap nilai regangan (*elongation*).



Gambar 4.7 Kurva tegangan-regangan membran *nanofiber* PVA murni dan PVA/*aloe vera* alami/*aloe vera* ekstrak.

Kurva tegangan-regangan hasil uji sifat tarik membran *nanofiber* dengan menggunakan lima data sampel pada setiap konsentrasi (Gambar 4.7). Dari kurva tersebut menunjukkan bahwa nilai regangan menurun seiring dengan penambahan aloe vera ekstrak. Penambahan konsentrasi *aloe vera* ekstrak bubuk 1% (w/w) kedalam larutan PVA/*aloe vera* alami 9,9% (w/w) dapat meningkatkan nilai regangan dengan nilai tertinggi 63,69%, sedangkan penambahan *aloe vera* alami 30% (w/w) kedalam Larutan PVA murni 70% (w/w) menyebabkan penurunan nilai regangan dengan nilai terendah 29,79%. Penurunan nilai regangan disebabkan oleh struktur fiber yang melingkar pada morfologi membran *nanofiber solution A* serta struktur fiber yang dominan tidak rata terdapat pada morfologi membran *nanofiber solution C* dan *D*.

#### 4.5.2 Analisis Nilai Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas

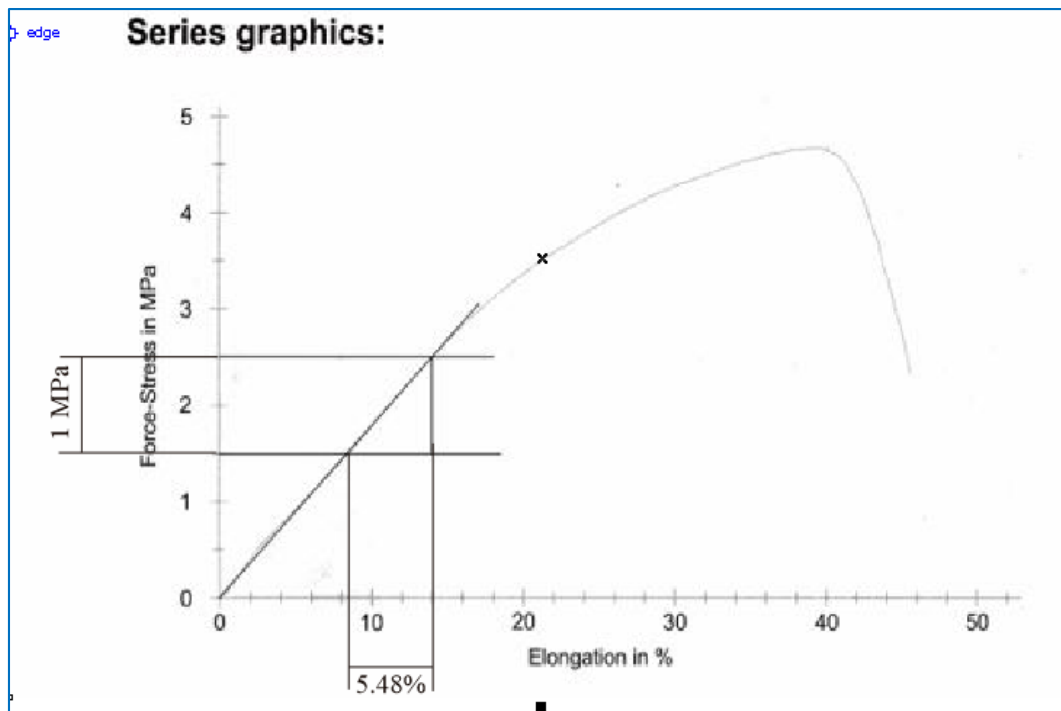
Nilai kuat tarik didapatkan langsung dari grafik hasil pengujian tarik, sedangkan untuk menentukan nilai modulus elastisitas digunakan persamaan 3.3. Penentuan nilai modulus elastisitas menggunakan salah satu kurva tegangan-regangan sampel PVA murni seperti pada (Gambar 4.7).

Diketahui :  $\sigma = 1 \text{ MPa}$

:  $\varepsilon = 5,48\% = 5,48/100 = 0,0548$

Ditanyakan : Modulus elastisitas?

Penyelesaian :  $E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{1 \text{ MPa}}{0,0548} = 18,2482 \text{ MPa}$



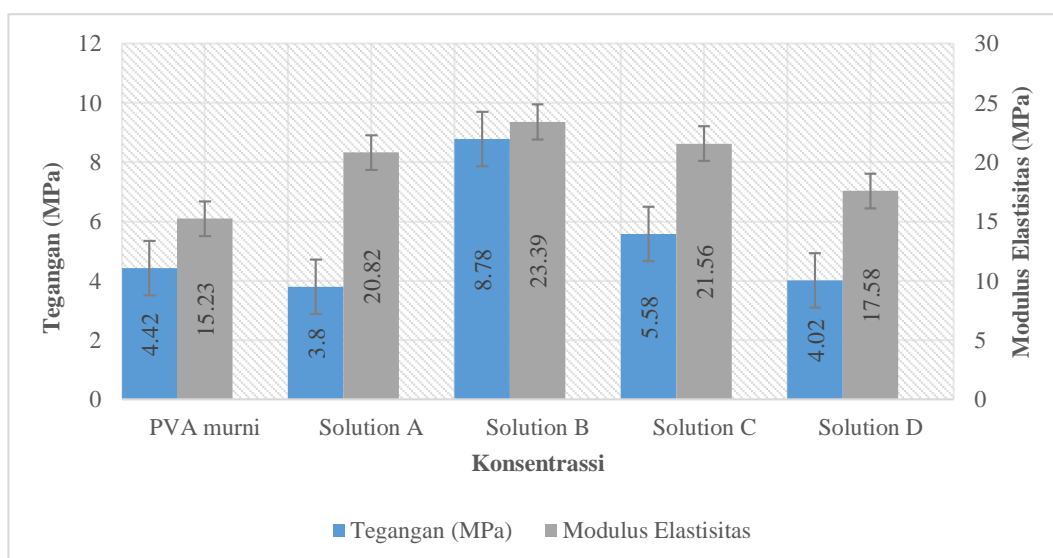
**Gambar 4.8** Kurva tegangan-regangan salah satu sampel pada PVA murni.

**Tabel 4.4** Pengaruh variasi konsentrasi terhadap nilai kuat tarik membran nanofiber.

Sampel	PVA murni	Solution A	Solution B	Solution C	Solution D
Nilai kuat tarik (MPa)	4,7345	3,7600	9,8229	5,6594	3,9296
Rata-rata	4,42	3,80	8,78	5,58	4,02
Standar Deviasi	0,30	0,09	1,94	0,07	0,21

**Tabel 4.5** Pengaruh variasi konsentrasi terhadap modulus elastisitas membran nanofiber.

Sampel	PVA murni	Solution A	Solution B	Solution C	Solution D
Nilai modulus elastisitas (MPa)	18,2482	20,8623	19,7746	30,1750	23,4467
Rata-rata	15,23	20,82	23,39	21,56	17,54
Standar Deviasi	2,64	0,05	3,21	7,97	4,20

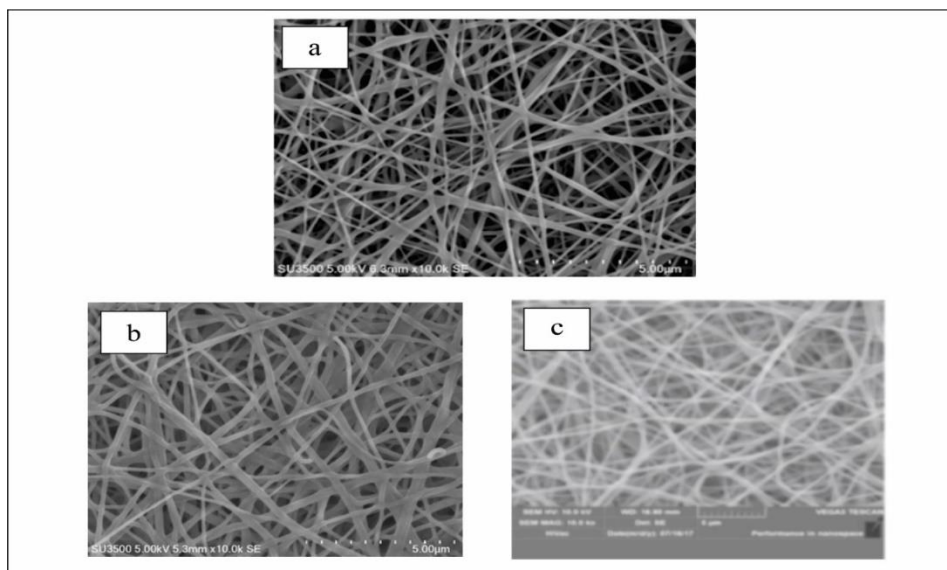


**Gambar 4.9** Grafik pengaruh variasi konsentrasi PVA murni dan PVA/*aloe vera* alami/*aloe vera* ekstrak terhadap nilai kuat tarik dan modulus elastisitas.

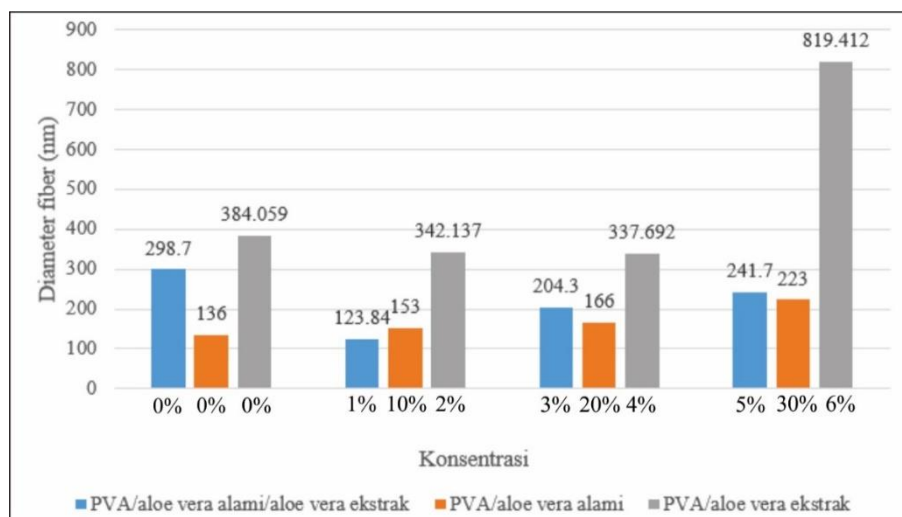
Nilai kuat tarik dan nilai modulus elastisitas rata-rata spesimen membran *nanofiber* PVA murni dan PVA/*aloe vera* alami/*aloe vera* ekstrak ditunjukkan pada (Gambar 4.9). Berdasarkan data hasil pengujian, nilai kuat tarik dan modulus elastisitas membran *nanofiber* menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi *aloe vera* ekstrak bubuk. Membran *nanofiber* pada *solution* A menghasilkan nilai kuat tarik terendah 3,8 MPa dan modulus elastisitas 18,59 dikarenakan memiliki ukuran diameter fiber terbesar. Sedangkan membran *nanofiber* pada *solution* B menghasilkan nilai kuat tarik dan modulus elastisitas tertinggi dengan nilai masing-masing 8,78 MPa dan 23,39 MPa dikarenakan ukuran diameter fiber lebih kecil. Penurunan nilai kuat tarik (5,58 MPa dan 4,02 MPa) dan modulus elastisitas (21,56 MPa dan 17,58 MPa) pada masing-masing *solution* C dan *solution* D dipengaruhi oleh proses pencampuran antara *matriks* PVA/*aloe vera* alami dengan *filler aloe vera* ekstrak bubuk tidak larut secara homogen sehingga menyebabkan ukuran diameter semakin meningkat.

Hasil nilai kuat tarik dan modulus elastisitas pada penelitian ini berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Sosiati ddk, (2018) dan Apriyanto (2018) dimana penambahan konsentrasi menyebabkan peningkatan nilai kuat tarik dan modulus elastisitas. Selain itu, membran *nanofiber* pada *solution* B mampu meningkatkan nilai kuat tarik dari 6,38 MPa (PVA/*aloe vera* ekstrak 4%) dan 3,58 MPa (PVA /*aloe vera* alami 30%).

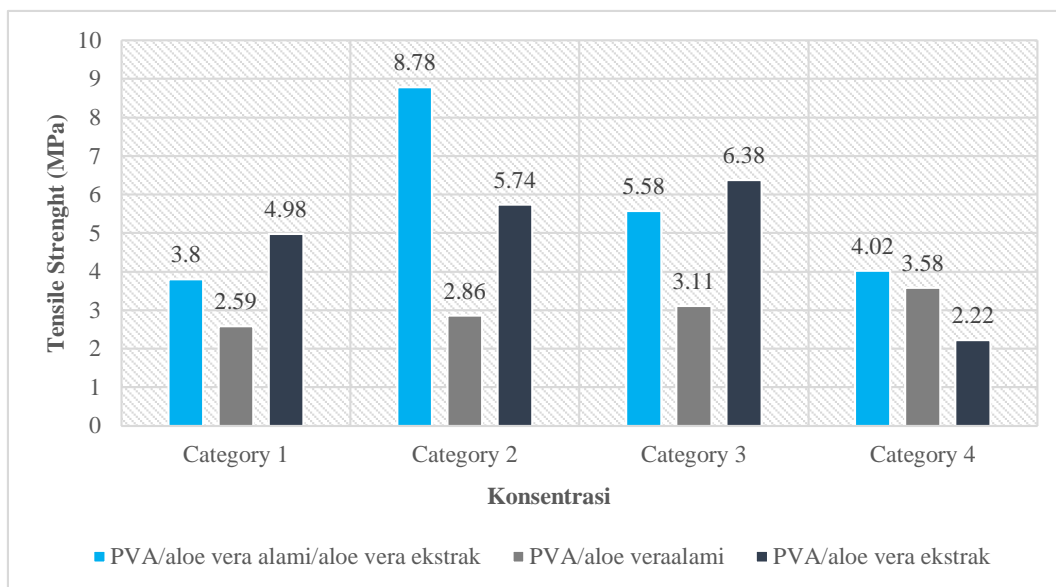
#### 4.6 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya



**Gambar 4.10** Perbandingan karakteristik morfologi *nanofiber* hasil foto SEM: (a) PVA/*aloe vera* alami/*aloe vera* ekstrak 1%, (b) PVA/*aloe vera* alami 30% (Apriyanto, 2018) dan (c) PVA/*aloe vera* ekstrak 4% (Sosiati dkk, 2018).



**Gambar 4.11** Grafik Perbandingan ukuran diameter fiber PVA/*aloe vera* alami/*aloe vera* ekstrak (0, 1, 3 dan 5%), PVA/*aloe vera* Alami (0, 10, 20 dan 30%) (Apriyanto, 2018) dan PVA/*aloe vera* ekstrak (0, 2, 4 dan 6%) (Sosiati dkk, 2018).



**Gambar 4.12** Grafik Perbandingan nilai kuat tarik membran *nanofiber* PVA/*aloevera* alami/*aloevera* ekstrak (0, 1, 3 dan 5%), PVA/*aloevera* Alami (0, 10, 20 dan 30%) (Apriyanto, 2018) dan PVA/*aloevera* ekstrak (0, 2, 4 dan 6%) (Sosiati dkk, 2018).

Hasil citra SEM membran *nanofiber* PVA/*aloevera* alami/*aloevera* ekstrak 1% (Gambar 4.10 (a)) yang difabrikasi menggunakan metode electrospinning dengan tegangan 12,5 kV dan jarak *spinneret* terhadap kolektor 15 cm dapat menghasilkan struktur fiber yang lurus dibandingkan membran *nanofiber* PVA/*aloevera* alami 30% (Apriyanto, 2018) dan PVA/*aloevera* ekstrak 4% (Sosiati dkk, 2018) menghasilkan struktur fiber yang melingkar. Terdapat perbedaan ukuran diameter yang dihasilkan dimana membran *nanofiber* PVA/*aloevera* alami/*aloevera* ekstrak memiliki diameter fiber lebih kecil dengan rentang diameter 123,84 nm – 298,7 nm. Selain itu, penelitian ini mampu menurunkan ukuran diameter fiber dari 337 nm (PVA/*aloevera* ekstrak 30%) dan 223 nm (PVA/*aloevera* alami 30%) menjadi 123,84 nm ditunjukkan pada (Gambar 4.11). Dengan semakin kecilnya diameter *nanofiber* yang dihasilkan tentunya dapat menaikkan sifat tarik membran *nanofiber*. pada penelitian ini mampu meningkatkan nilai kuat tarik membran *nanofiber* sebesar 59,23% (PVA/*aloevera* alami 30%) dan 27,33% (PVA/*aloevera* ekstrak 4%) dengan

nilai kuat tarik 8,78 MPa (PVA/*aloe vera* alami/*aloe vera* ekstrak) ditunjukkan pada (Gambar 4.12).

Adapun beberapa penyebab yang menyebabkan perbedaan struktur morfologi, ukuran diameter dan nilai kuat tarik membran *nanofiber* sebagai berikut:

1. Proses penyaringan gel *aloe vera* alami pada penelitian ini dilakukan berulang-ulang sebanyak 3 kali dengan tujuan agar memisahkan/mengurangi zat padat yang masih terdapat didalam larutan. Namun penelitian yang dilakukan (Apriyanto, 2018) hanya melakukan 1 kali proses penyaringan sehingga zat padat pada larutan tidak tersaring secara sempurna.
2. Lamanya waktu proses *blanding* polimer. Pada penelitian ini dilakukan proses *blanding* polimer PVA/*aloe vera* alami/*aloe vera* ekstrak menggunakan *hot plate stirrer* dengan lama waktu 1 jam dengan suhu  $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  dan selama 2 jam tanpa suhu. Sedangkan penelitian (Apriyanto, 2019) dan (Sosiati dkk, 2018) melakukan proses *blanding* polimer dengan lama waktu 1 Jam.
3. Optimasi parameter proses *electrospinning* pada penelitian ini sama dengan penelitian (Apriyanto, 2018) yaitu menggunakan tegangan 12,5 kV dan jarak *spinneret* terhadap kolektor 15 cm, sedangkan perbedaannya yaitu pada diameter *spinneret* yang digunakan. Penelitian yang dilakukan (Sosiati dkk, 2018) menggunakan tegangan 10 kV, jarak *spinneret* terhadap kolektor 16,5 kV dan diameter *spinneret* 0,6 mm.