

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Optimasi *Electrospinning*

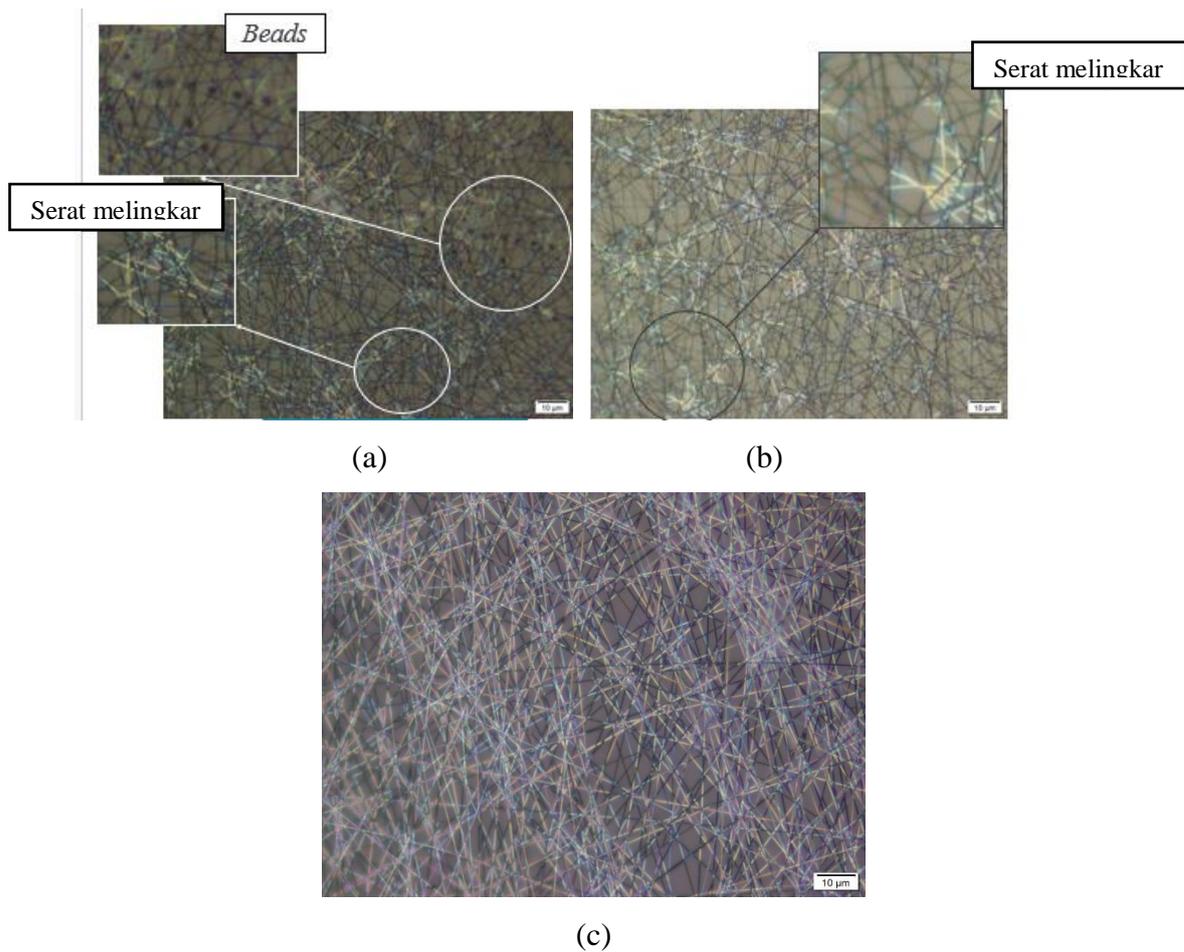
Dari beberapa parameter proses *electrospinning* yang telah dijelaskan, parameter variabel seperti jarak antar ujung jarum dengan kolektor TCD dan tegangan merupakan peranan yang sangat penting. Oleh karena itu, proses optimasi perlu dilakukan untuk menentukan TCD dan tegangan yang akan digunakan untuk fabrikasi membran *nanofiber* pada penelitian ini. Dengan ditemukannya kondisi yang optimal diharapkan dapat menghasilkan membran *nanofiber* yang paling optimal memiliki struktur serat seragam, dan diameter kecil.

Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 menunjukkan hasil optimasi yang telah dilakukan menggunakan *Microscop Optic* (OM). Terdapat 2 fenomena yang terjadi saat proses optimasi. Fenomena pertama merupakan adanya beads pada struktur fiber. Adanya beads pada struktur fiber dikarenakan polimer yang telah tertarik ke permukaan kolektor tidak dapat membentuk fiber secara sempurna akibat dari kurang lamanya waktu yang dibutuhkan untuk proses penguapan sehingga fiber yang terdapat pada kolektor masih dalam keadaan basah. Sedangkan fenomena kedua merupakan adanya crosslink atau serat yang tidak lurus. Hal ini terjadi akibat ketidak stabilnya *jet stream* sehingga serat yang terbentuk pada kolektor tidak lurus (Herdiawan dkk, 2013).

Dari data yang didapatkan pada proses optimasi, proses *electrospinning* selanjutnya menggunakan parameter tegangan 15 kV serta TCD 10cm karena mampu menciptakan serat tanpa adanya beads dan serat melingkar.

Tabel 4.1 Parameter kondisi *electrospinning*.

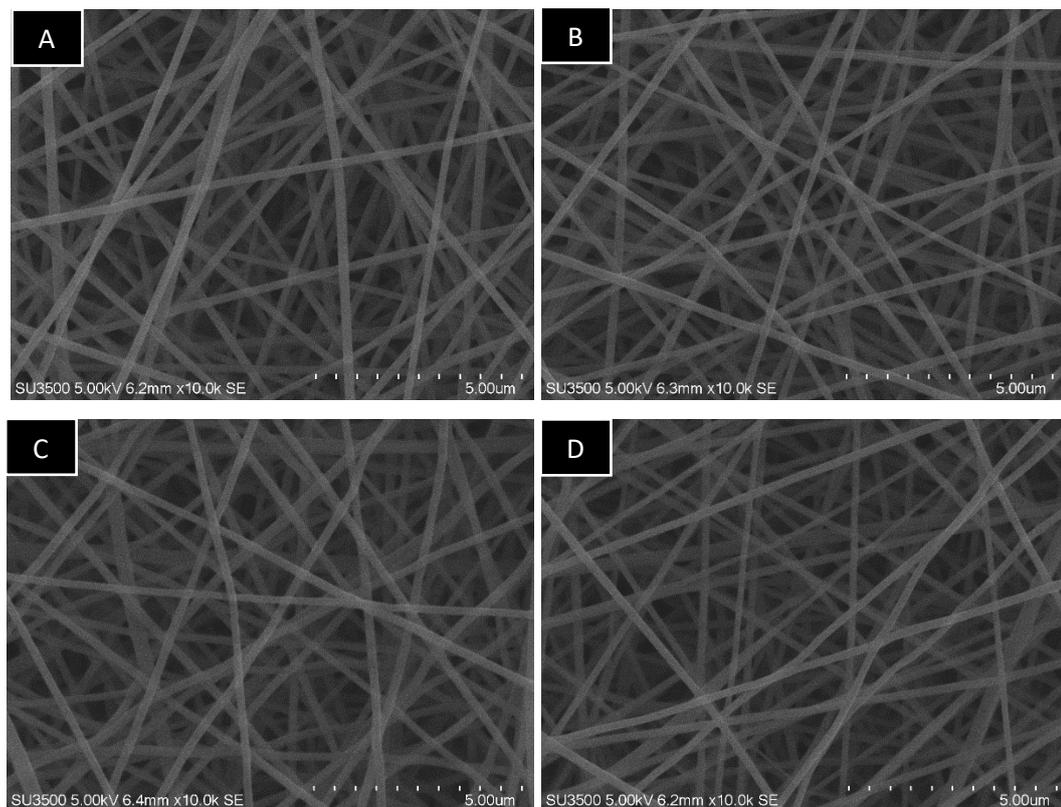
Tegangan (kV)	Tip To Collector Distance (TCD)		
	10 cm	12 cm	14 cm
13	Terdapat beads dan serat melingkar	Terdapat serat melingkar	Terdapat serat melingkar
15	Stabil, Kontinyu	Terdapat serat melingkar	Terdapat beads dan serat melingkar
17	Terdapat beads	Terdapat beads dan serat melingkar	Terdapat serat melingkar



Gambar 4.1 Fenomena morfologi fiber proses optimasi (a) terdeteksi beads dan crosslink, (b) terdeteksi crosslink dan (c) serat tanpa beads dan serat melingkar.

4.2 Analisis Morfologi Membran Serat Nano

Pada penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan serat nanofiber PVA/lendir bekicot menggunakan metode *electrospinning* dengan variasi konsentrasi PVA/lendir bekicot (1%, 3%, 5% dan 7% W/W) membran telah dianalisis struktur permukaan dan morfologi serat nano menggunakan SEM dengan perbesaran 10.000 kali. (Gambar 4.2) merupakan hasil pengambilan struktur permukaan PVA/lendir bekicot dengan menggunakan SEM.



Gambar 4.2 Morfologi fiber PVA/lendir bekicot menggunakan SEM: (a) 1%, (b) 3%, (c) 5% dan (d) 7%.

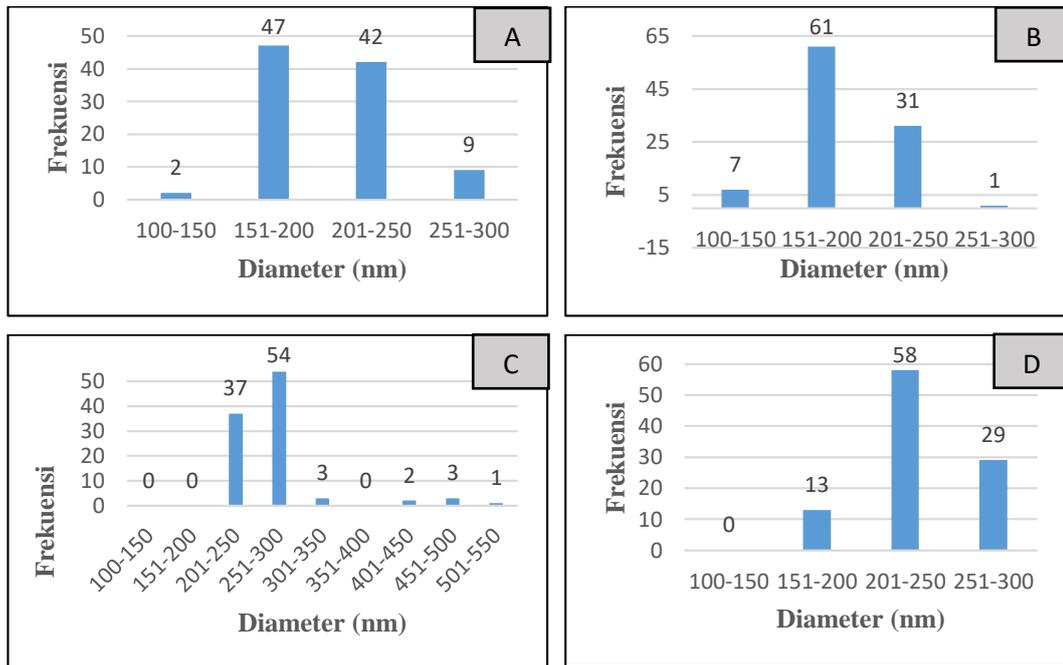
Dari hasil foto morfologi fiber menggunakan SEM menunjukkan bahwa struktur permukaan membran serat nano PVA/lendir bekicot dengan variasi (a) 1%, (b) 3%, (c) 5% dan (d) 7% tidak didapatkan butiran serat (*beads*) dikarenakan tegangan dan jarak yang digunakan dalam fabrikasi membran nanofiber sudah tepat (15 kv dan 10cm) dengan lama waktu yang diperlukan untuk proses penguapan larutan sehingga polimer yang keluar dari ujung jarum dapat sempurna menjadi fiber dan kontinyu sehingga tidak membentuk butiran polimer pada permukaan

membran (*beads*). Struktur fiber hasil pengujian SEM pada konsentrasi lendir bekicot (a) 1%, (b) 3%, (c) 5% dan (d) 7% tidak terdapat fiber yang melengkung hampir keseluruhan fiber pada tiap-tiap variasi struktur fiber yang dihasilkan bisa dikatakan bentuk fiber yang baik (lurus) hal ini terjadi dari penggunaan polimer yang dibuat PVA/lendir bekicot pada masing-masing variasi mempunyai hubungan mengenai viskositas dan daya hantar listrik (DHL) yang baik, serta jarak dan tegangan yang sesuai dengan kebutuhan polimer PVA/lendir bekicot untuk diubah menjadi fiber dengan beberapa tahap (inisiasi, thinning dan penguapan pelarut serta pembekuan fiber).

Tabel 4.2 Hasil pengujian viskositas dan daya hantar listrik (DHL) polimer PVA/lendir bekicot variasi: 1%, 3%, 5% dan 7%.

No	Konsentrasi (PVA/Lendir bekicot)	Viskositas (cP)	Daya Hantar Listrik ($\mu\text{S/cm}$)
1	1%	477,9	617,67
2	3%	455,9	715,67
3	5%	405,9	827,33
4	7%	479,9	908,33

Hasil foto morfologi fiber PVA/lendir bekicot dengan SEM variasi (a) 1%, (b) 3%, (c) 5% dan (d) 7% kemudian dilakukan pengamatan lebih lanjut guna untuk pengukuran diameter fiber menggunakan software *Micam2.0*. Pengukuran diameter fiber dilakukan menggunakan hasil foto morfologi menggunakan SEM yang kemudian ditandai sebanyak 100 titik secara acak menggunakan software *micam2.0* sehingga dapat diketahui banyaknya distribusi fiber diameter terkecil sampai terbesar. Hasil pengukuran diameter fiber pada masing-masing variasi dapat dilihat pada (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Distribusi diameter nanofiber PVA/lendir bekicot: (A) 1%, (B) 3%, (C) 5% dan (D) 7%.

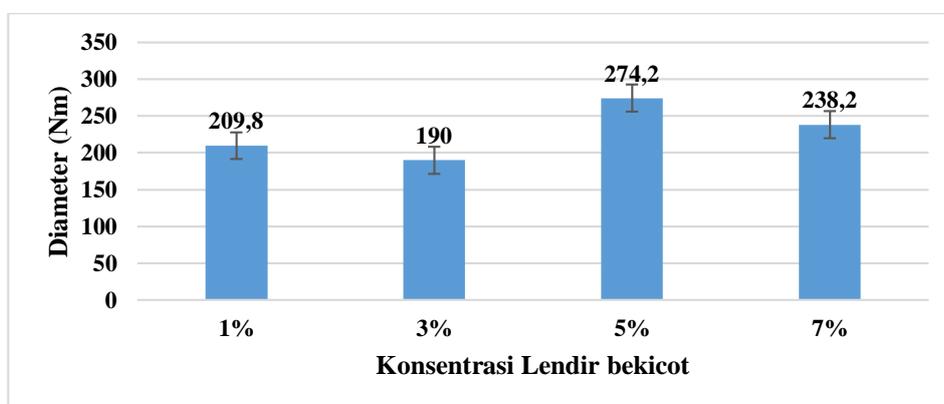
Gambar 4.3 menunjukkan distribusi diameter nanofiber pada konsentrasi PVA/lendir bekicot (A) 1%, (B) 3%, (C) 5% dan (D) 7%. Dapat diamati bahwa serat nano konsentrasi lendir bekicot A 1% memiliki rentang diameter antara 100-300 nm dan lebih dominan berukuran antara 151-200 nm dengan jumlah 47 dari distribusi dengan menandai 100 titik pada serat yang berbeda secara acak. Serat yang dihasilkan pada konsentrasi 1% mengalami ketidakteraturan diameter dengan rentang diameter rata-rata berada pada 151-200 nm dengan jumlah 47 dan 201-150 nm dengan jumlah 42.

Grafik B dengan konsentrasi lendir bekicot 3% menunjukkan distribusi diameter serat nano hampir sama dengan hasil konsentrasi PVA/lendir bekicot 1% dengan rentang diameter 100-300nm serta diameter yang berada pada 151-200 nm dan 201-250 nm. Akan tetapi pada konsentrasi 3% diameter serat nano mengalami penurunan dengan diameter serat yang lebih banyak berdominan berukuran 151-200 nm dengan jumlah 61 dari distribusi dengan menandai 100 titik serat yang berbeda secara acak. Penurunan diameter yang terjadi pada konsentrasi PVA/lendir bekicot 3% dikarenakan beberapa faktor meliputi homogenitas polimer yang tinggi,

tegangan dan jarak yang digunakan pada proses fabrikasi menggunakan electrospinning berbanding lurus.

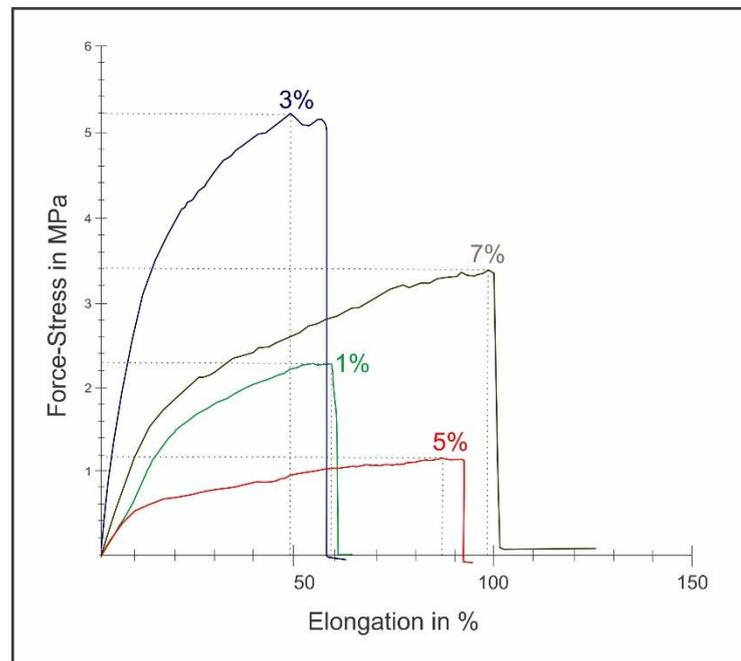
Grafik C dengan konsentrasi lendir bekicot 5% menunjukkan distribusi diameter serat nano yang dihasilkan mengalami kenaikan dan ketidakseragaman yang jauh kurang baik dibandingkan diameter dan keseragaman yang dihasilkan konsentrasi PVA/lendir bekicot 1% dan 3%. Diameter yang dihasilkan mempunyai rentang yang tinggi 201-550 nm dengan diameter pada ukuran 150-200 nm berjumlah 0 dari distribusi menandai 100 titik serat yang berbeda secara acak. Dikarenakan kualitas membrane pada konsentrasi PVA/lendir bekicot 5% mengalami hasil diameter yang sangat tinggi dan keseragaman diameter serat nano yang kurang baik maka akan berpengaruh pada hasil pengujian tarik membran serat nano.

Grafik D dengan konsentrasi lendir bekicot 7% menunjukkan distribusi diameter serat nano yang dihasilkan hampir sama seperti konsentrasi PVA/lendir bekicot 5% mengalami kenaikan dibandingkan konsentrasi PVA/lendir bekicot 1% dan 3%, akan tetapi rentang diameter pada konsentrasi PVA/lendir bekicot 7% mempunyai rentang diameter yang sangat kecil dengan rentang 151-300nm dan diameter pada ukuran 151-200nm dengan jumlah 13 dari distribusi menandai 100 titik pada serat nano secara acak sehingga kualitas serat nano lebih baik dari pada konsentrasi PVA/lendir bekicot 5% dikarenakan mempunyai diameter yang lebih kecil serta mempunyai persebaran diameter dengan rentang lebih kecil yaitu 151-300nm.



Gambar 4.4 Korelasi diameter rata-rata nanofiber terhadap konsentrasi PVA/lendir bekicot.

4.3. Hasil Analisis Sifat Tarik



Gambar 4.5 Kurva tegangan regangan serat nano PVA/leondir bekicot.

Gambar 4.5 merupakan kurva yang didapatkan dari hasil pengujian uji tarik membran serat nano PVA/leondir bekicot pada beberapa konsentrasi yaitu: 1%, 3%, 5% dan 7%. Maka dari itu dilakukan analisis sifat mekanik agar mengetahui lebih jelas perbedaan dan nilai kuat tarik yang dihasilkan setiap membran dengan konsentrasi 1%, 3%, 5%, dan 7%.

Pada penelitian ini dilakukan analisis sifat mekanik untuk mengetahui sifat kuat tarik, regangan dan modulus elastisitas pada membran serat nano PVA/leondir bekicot. Analisis perhitungan kuat tarik menggunakan persamaan (3.1), regangan (3.2), dan modulus elastisitas (3.3). Adapun pembahasan analisis sifat mekanik membran serat nano PVA/leondir bekicot sebagai berikut:

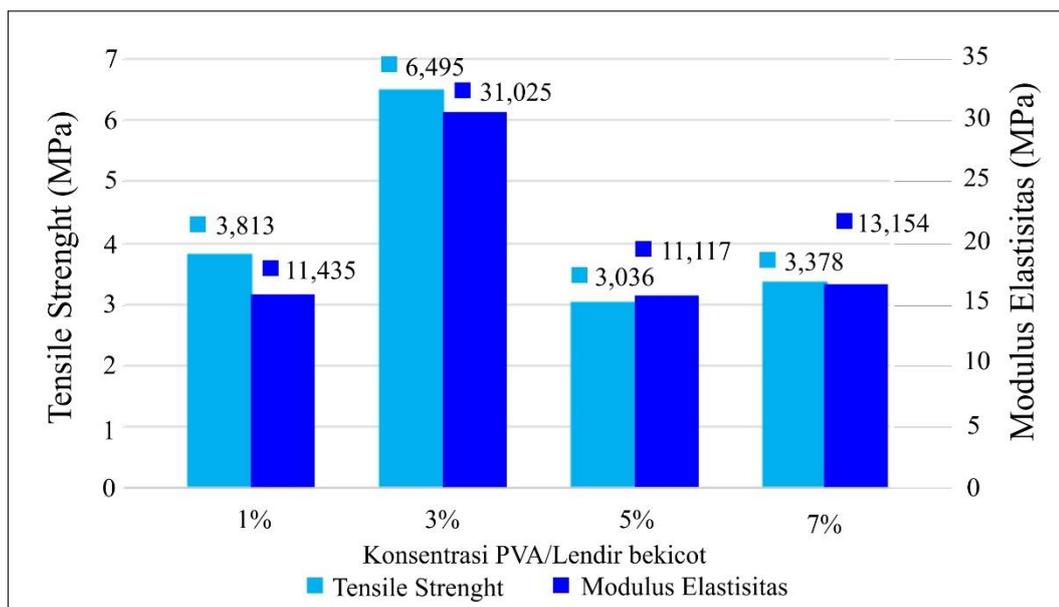
4.3.1 Analisis Kuat Tarik dan Modulus Elastitas

Tabel 4.3 Korelasi Kuat Tarik dengan Konsentrasi PVA/Lendir bekicot.

Sampel	Kuat Tarik Berdasarkan Konsentrasi Lendir Bekicot (MPa)			
	1%	3%	5%	7%
A	2,339	5,207	1,880	3,480
B	4,482	8,444	3,087	3,077
C	3,944	6,315	3,010	4,062
D	4,553	3,186	2,380	2,757
E	3,688	9,324	4,824	3,559
Rata-rata	3,801	6,495	3,036	3,387
Standar Deviasi	0,894	2,472	1,114	0,497

Tabel 4.4 Modulus elastisitas membran *nanofiber* PVA/Lendir bekicot.

Spesimen	Nilai modulus elastisitas membran <i>nanofiber</i> (Mpa) Konsentrasi PVA/Lendir bekicot			
	1%	3%	5%	7%
A	10,271	31,758	11,225	13,73
B	19,354	29,656	11,466	13,379
C	9,655	29,166	10,886	13,453
D	8,888	30,67	10,666	12,227
E	9,01	33,879	11,342	12,985
Rata-rata	11,4356	31,0258	11,117	13,1548
Standar Deviasi	4,460988937	1,8800711	0,3319834	0,58302847



Gambar 4.6 Grafik pengaruh variasi konsentrasi PVA/Lendir bekicot terhadap nilai kuat tarik (Tensile strength) dan modulus elastisitas

Tabel 4.3 dan grafik 4.6 menunjukkan hasil pengujian nilai kuat tarik rata-rata dari spesimen membran serta nano dengan variasi PVA/lendir bekicot 1%, 3%, 5% dan 7%. Berdasarkan hasil pengujian yang didapatkan, menunjukkan bahwa bertambahnya konsentrasi lendir bekicot bukan berarti nilai kuat tarik membran semakin tinggi karena nilai kuat tarik membran dipengaruhi oleh besar kecilnya nilai diameter *fiber* pada membran. Pada konsentrasi PVA/lendir bekicot 3% didapatkan nilai kuat tarik yang paling tinggi dengan nilai $6,495 \pm 2,472$ MPa, hal ini terjadi dikarenakan pada konsentrasi PVA/lendir bekicot 3% memiliki ukuran diameter serat nano yang paling kecil dengan nilai diameter 190nm dengan keseragaman serat paling kontinyu serta memiliki regangan yang kecil dengan nilai 84,295. Pada konsentrasi PVA/lendir bekicot 5% dan 7% didapati nilai kuat tarik yang rendah dengan konsentrasi 5% lebih kecil (3,036) dibandingkan 7% (3,387) padahal nilai regangan pada konsentrasi 7% (93,226) lebih besar dibandingkan konsentrasi 5% (76,391). Hal ini terjadi dikarenakan diameter serat nano pada konsentrasi PVA/lendir bekicot 7% memiliki ukuran diameter yang jauh lebih kecil dibandingkan konsentrasi PVA/lendir bekicot 5% (5% = 274,2 nm ; 7% = 238,2nm). Sedangkan pada konsentrasi PVA/lendir bekicot 1% juga mengalami

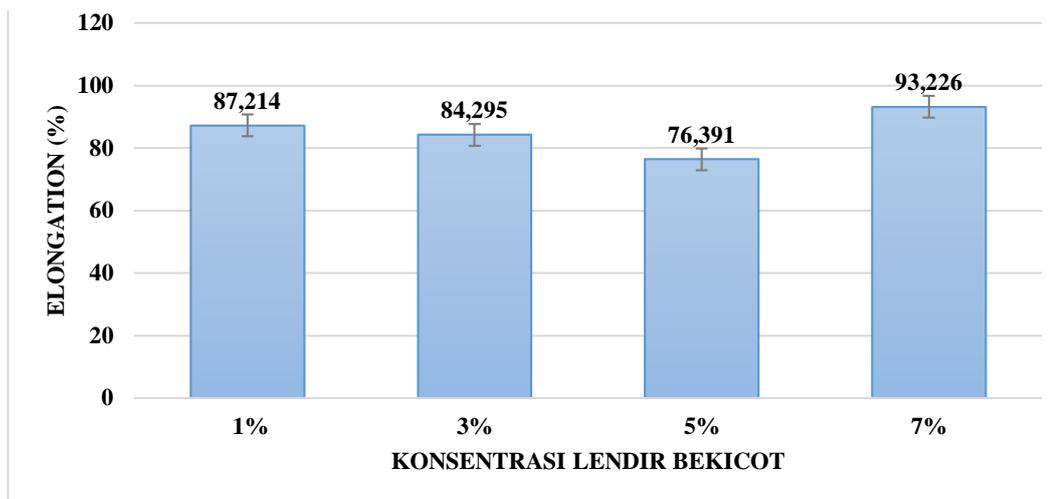
penurunan drastis akan tetapi lebih baik dibandingkan konsentrasi PVA/lendir bekitot 5% dan 7% padahal nilai regangan variasi 1% berada diantara nilai regangan pada variasi 5% dan 7%. Hal ini karena ukuran diameter serat nano pada konsentrasi PVA/lendir bekitot 1% mempunyai ukuran yang sangat jauh lebih kecil dibandingkan 5% dan 7%.

Hasil nilai modulus elastisitas pada konsentrasi PVA/lendir bekitot (1%, 3%, 5% dan 7%) mengalami kenaikan dan penurunan. Salahsatu faktor yang mempengaruhi nilai modulus elastisitas yaitu diameter serat yang dihasilkan. Semakin kecil diameter yang dihasilkan maka kekakuan akan meningkat sehingga nilai modulus elastisitas akan semakin besar. Pada konsentrasi 3% mengalami kenaikan nilai modulus elastisitas yang sangat tinggi dikarenakan diameter serat yang dihasilkan pada konsentrasi PVA/lendir bekitot 3% sangat kecil (190 nm) dibandingkan dengan konsentrasi 1%, 5% dan 7%.

4.3.2 Hasil Analisis Regangan

Tabel 4.5 Korelasi regangan terhadap konsentrasi PVA/lendir bekitot.

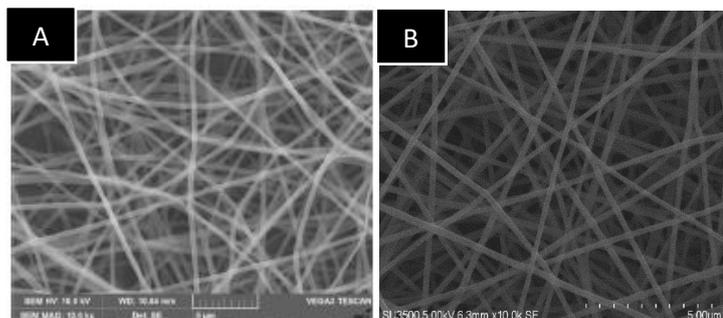
Spesimen	Regangan Berdasarkan Konsentrasi Lendir Bekicot			
	1%	3%	5%	7%
A	59,806	49,445	87,012	98,089
B	78,428	131,011	80,694	130,548
C	96,156	71,753	56,652	87,715
D	78,427	72,591	40,387	95,935
E	123,253	96,676	117,210	53,841
Rata-rata	87,214	84,295	76,391	93,226
Standar Deviasi	23,898	31,002	29,510	27,411



Gambar 4.7 Grafik Korelasi Regangan Terhadap Variasi Konsentrasi PVA/lendir bekitot.

Tabel 4.5 dan grafik 4.7 menunjukkan hasil nilai regangan membran serat nano PVA/lendir bekitot pada variasi (1%, 3%, 5% dan 7%). Dari data yang didapatkan terjadi penurunan nilai regangan seiring bertambahnya konsentrasi lendir bekitot.

4.4 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya

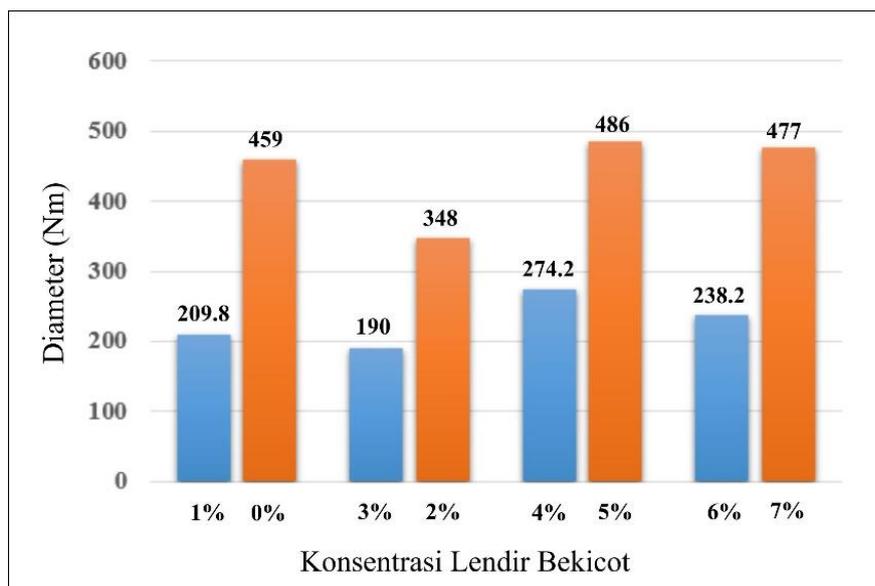


Gambar 4.8 Perbandingan hasil foto SEM penelitian yang dilakukan oleh (A) (Nugroho dkk, 2018) (PVA/lendir bekitot 2%) dan (B) PVA/lendir bekitot 3%.

Gambar 4.8 (B) merupakan hasil SEM membran nanofiber yang telah difabrikasikan menggunakan metode *electrospinning* dengan tegangan 15kV serta jarak antar ujung jarum dengan kolektor 10 cm dapat menghasilkan struktur fiber yang lebih baik dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (B) (Nugroho dkk, 2018) dikarenakan struktur fiber yang telah di fabrikasikan menunjukkan serat

yang lurus dan tidak ditemukan adanya beads dibandingkan struktur fiber pada penelitian sebelumnya hampir keseluruhan fiber mengalami serat melingkar atau serat yang tidak lurus.

Tidak hanya struktur morfologi membran *nanofiber* yang mengalami perbedaan dari penelitian sebelumnya, diameter serat yang dihasilkan juga mengalami perbedaan sangat signifikan tertera pada Gambar 4.10. Gambar 4.10 menunjukkan konsentrasi PVA/lendir bekicot (1%, 3%, 5% dan 7%) mempunyai diameter lebih kecil dengan rentang diameter antara 190-274,2nm dibandingkan penelitian sebelumnya konsentrasi PVA/lendir bekicot (0%, 2%, 4% dan 6%) dengan rentang diameter 384-486nm. Dengan semakin kecilnya diameter membran yang dihasilkan tentunya dapat menaikkan sifat tarik membran nanofiber (Meilanny dkk, 2015).



Gambar 4.9 Perbandingan diameter membran *nanofiber* PVA/lendir bekicot (0%, 2%, 4% dan 6%) yang dilakukan oleh (Nugroho dkk, 2018) dengan PVA/lendir bekicot (1%, 3%, 5% dan 7%).

Perbedaan struktur morfologi membran *nanofiber* dan diameter serat yang dihasilkan dari penelitian sebelumnya dikarenakan:

1. Lama waktu proses blending polimer PVA dengan lendir bekicot. Pada penelitian ini proses blending atau pencampuran polimer PVA dengan konsentrasi lendir bekicot menggunakan hot plate stirrer dengan lama waktu 3 jam tanpa suhu pada

putaran 200-300rpm sedangkan penelitian (Nugroho dkk, 2018) proses blending dengan lama waktu 3 jam akan tetapi putaran hanya menggunakan 170rpm sehingga polimer yang dihasilkan lebih homogen pada penelitian ini.

2. Optimasi parameter proses electrospinning yang digunakan pada penelitian ini menggunakan tegangan 15kV dan TCD 10cm serta diameter jarum 0,8mm sedangkan penelitian (Nugroho dkk, 2018) menggunakan tegangan 10kV dan TCD 16,5cm serta diameter jarum 0,6mm.
3. Proses pembuatan larutan PVA yang digunakan pada penelitian ini menggunakan perbandingan aquades : PVA = 100 : 10 (w/w) sedangkan penelitian (Nugroho dkk, 2018) menggunakan perbandingan aquades : PVA = 90 : 10 (w/w) sehingga nilai viskositas akan berbeda.