

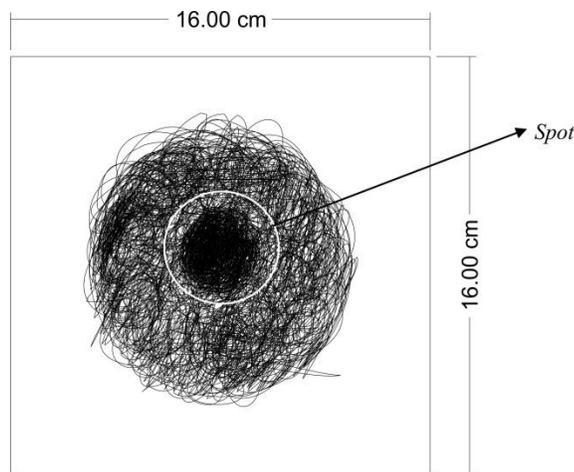
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Optimasi kondisi proses *electrospinning*

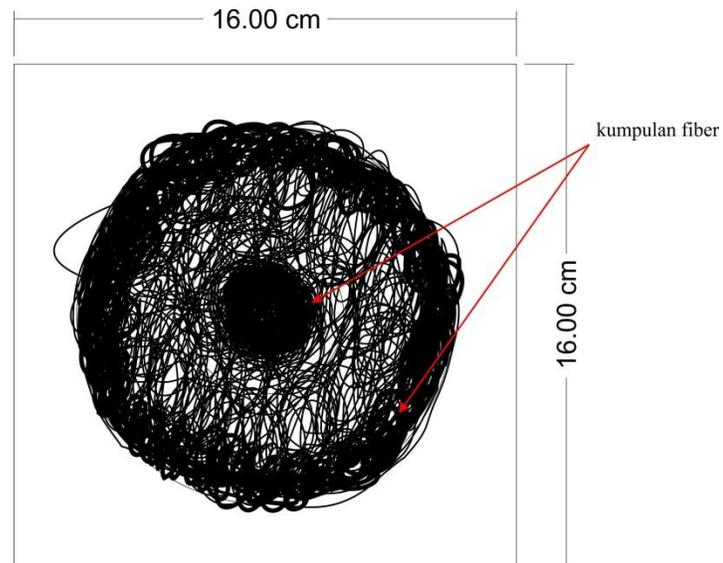
Salah satu parameter *electrospinning* yang paling menentukan pembentukan morfologi serat nano yang paling optimal adalah tegangan dan jarak tip ke kolektor (TCD). Oleh karena itu, proses optimasi sangatlah penting untuk menentukan seberapa tegangan yang dipakai dan jarak TCD yang digunakan. Diharapkan dengan proses optimasi akan menghasilkan membran serat nano yang merata, halus, dan memiliki struktur morfologi yang paling optimal, sehingga pada waktu dilakukan pengujian SEM dan pengujian kuat tarik akan mendapatkan data yang *valid*.

Proses optimasi berhubungan dengan beberapa istilah yaitu *spot membran*, *fiber terkumpul*, *circle membran*, dan *hollow membran*. Pada Gambar 4.1 – 4.5 di bawah ini akan dijelaskan ilustrasi kondisi-kondisi tersebut.



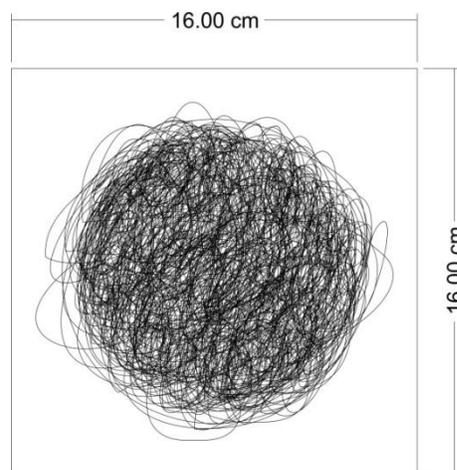
Gambar 4.1. *Spot membran*

Spot membran adalah kondisi serat nano yang terkumpul hanya terpusat pada satu titik, sehingga fiber hanya terjadi penebalan pada sisi bagian tengah. Umumnya, *spot membran* terjadi karena laju polimer jet terlalu cepat dan ruang *instability* tidak terlalu luas. Parameter yang menyebabkan hal tersebut biasanya faktor jarak TCD yang terlalu dekat.

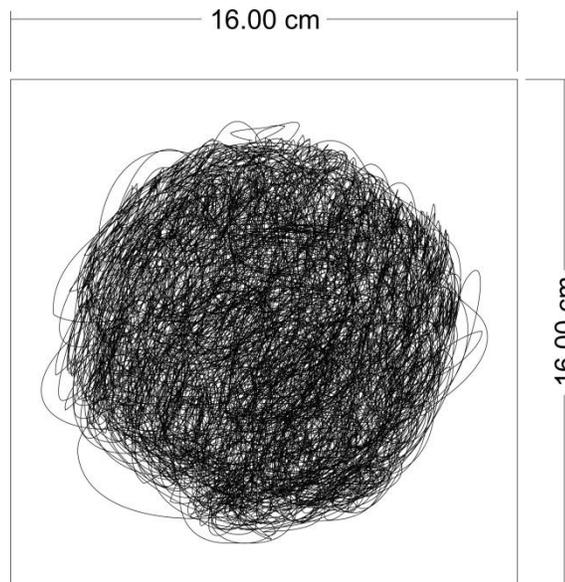


Gambar 4.2. *Hollow Membran*

Hollow membran merupakan fenomena proses pembentukan serat nanofiber yang terbentuk menyerupai lubang cacing atau berbentuk seperti cincin dan mempunyai satu titik pusat. Faktor yang menyebabkan terjadinya *hollow membran* yaitu jarak TCD yang terlalu dekat dan kurangnya homogenitas pada larutan polimer.

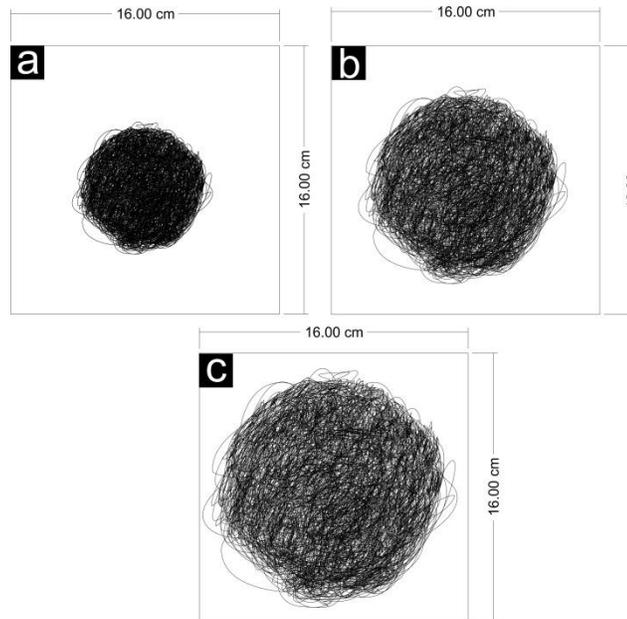


Gambar 4.3. Fiber terkumpul sedikit



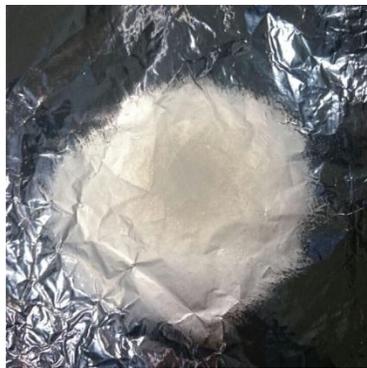
Gambar 4.4. Fiber terkumpul banyak

Pada Gambar 4.3 dan 4.4 diatas terjadi perbedaan yang signifikan antara fiber yang terkumpul. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan tegangan yang digunakan. Pada gambar 4.3 dan 4.4 terlihat fiber yang terkumpul terjadi pemerataan tetapi perbedaan yang signifikan terlihat dari Gambar 4.4 yang mempunyai ketebalan serat yang lebih besar. Hal ini, dipengaruhi oleh besar tegangan yang digunakan pada kondisi gambar 4.4 lebih besar dari pada gambar 4.3. Parameter jarak TCD juga dapat berpengaruh. Semakin jauh jarak TCD akan membuat fiber yang terkumpul menjadi semakin sedikit karena terjadi pelebaran pendistribusian serat. Oleh karena itu kombinasi tegangan yang digunakan harus sesuai dengan jarak TCD, sehingga fiber yang terkumpul dapat optimal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.5. *Circle membran* (a) *Circle membran* kecil ; (b) *Circle membran* sedang ; (c) *Circle membran* besar

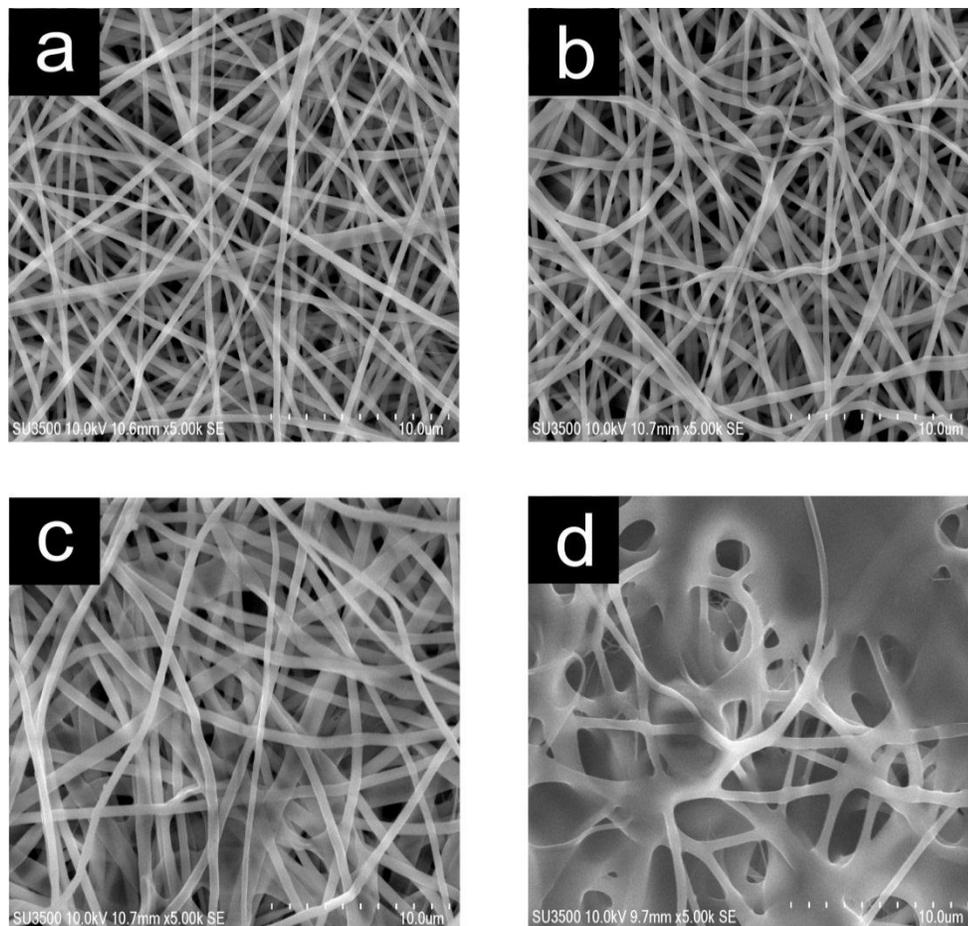
Dari ilustrasi kondisi serat nano yang terkumpul di atas hasil yang paling optimal diilustrasikan pada kondisi Gambar 4.4. dan 4.5.c. Dapat diamati serat nano terdistribusi secara merata dan fiber yang terkumpul banyak. Hal ini terlihat dari kondisi optimasi *electrospinning* larutan polimer PVA pada tegangan 25 kV, jarak TCD 12 cm dan menggunakan jarum berdiameter 0,7 mm. Permukaan membran hasil optimasi ditampilkan pada Gambar 4.6. di bawah ini :



Gambar 4.6. Hasil optimasi *nanofiber*

4.2. Hasil analisis membran Nanofiber

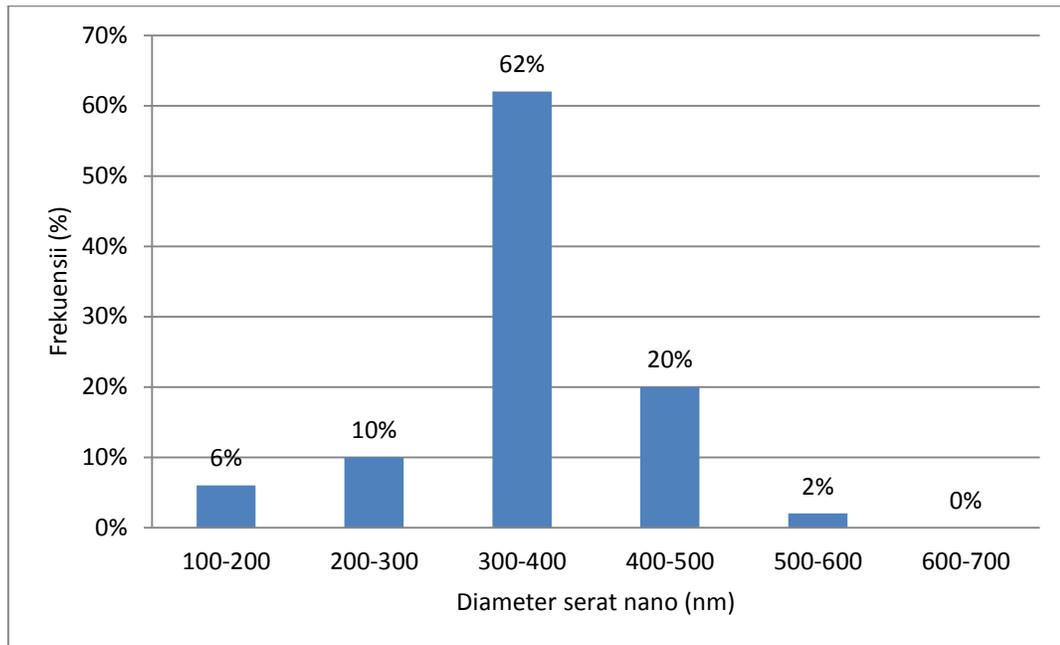
Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan membran serat nano PVA Gohsenol dan PVA (BM 85.000-124.000) dengan konsentrasi (6, 8, 10, BM 10 %^{w/w}). Untuk mengetahui karakterisasi morfologi dan struktur serat nano dilakukan pengujian menggunakan SEM. Parameter yang menjadikan optimal atau tidaknya hasil pembuatan serat nano juga dilihat dari keseragaman serat dan ukuran diameter yang semakin kecil. Alat type SEM yang digunakan yaitu HITACHI TM 3030 plus.



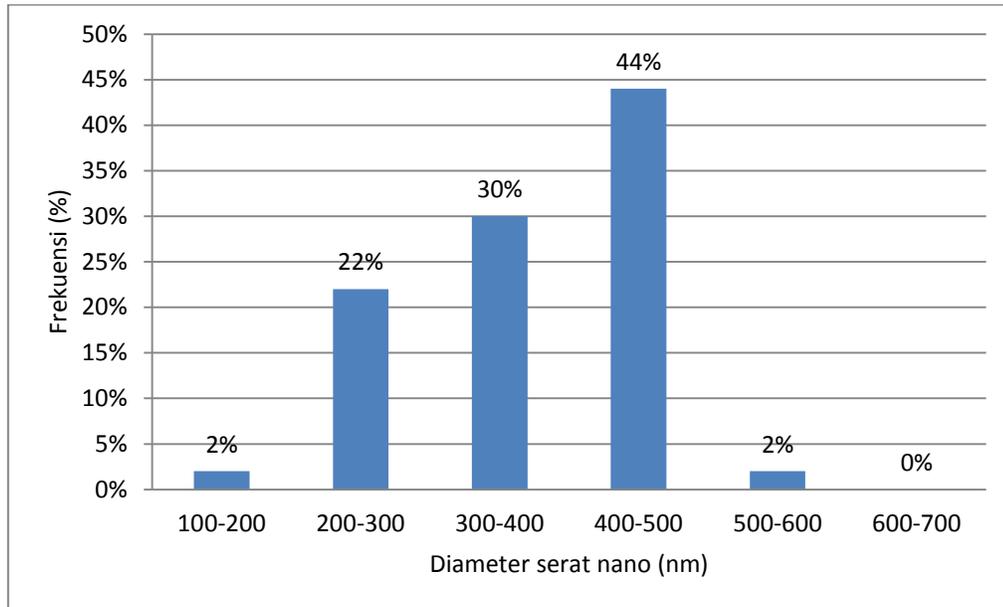
Gambar 4.7. Foto morfologi serat nano PVA Gohsenol dan PVA 85.000-124.000 menggunakan SEM ; (a) 6 % ; (b) 8 % ; (c) 10 % ; (d) BM 10 %

Pada Gambar 4.8 di atas dapat terlihat perbandingan antara konsentrasi PVA Gohsenol dan PVA 85.000-124.000. Dari hasil pengujian SEM dapat diketahui dari konsentrasi 6 - 10 % diameter serat nano mengalami peningkatan secara signifikan .

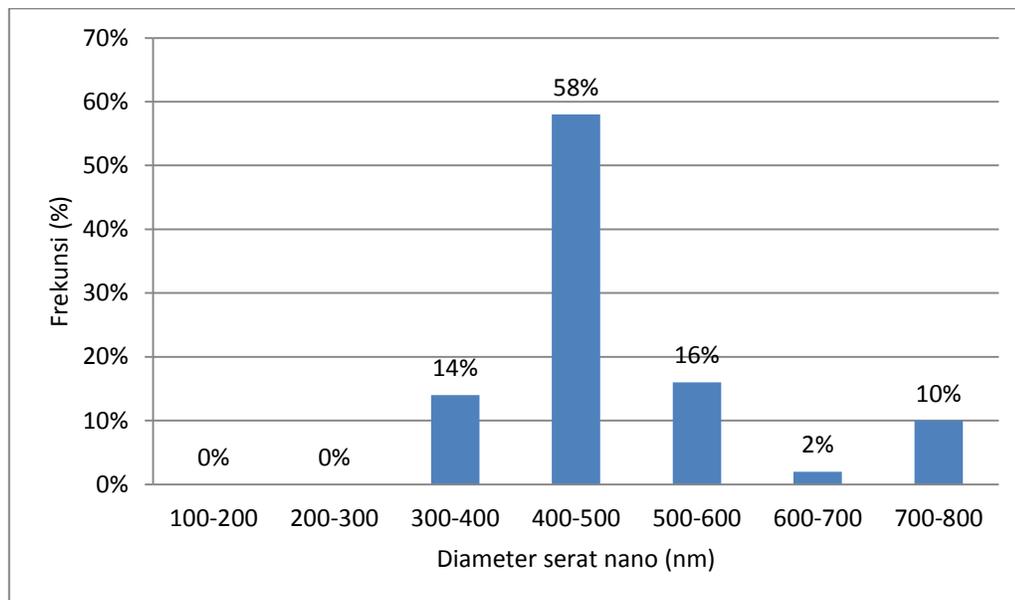
Untuk mengetahui distribusi serat nano pada konsentrasi PVA Gohsenol dan PVA (BM 85.000-124.000), dilakukan pengukuran diameter serat menggunakan *corelDRAW*. Susunan serat nano di ukur secara acak dengan menandai 50 titik berbeda agar dapat diketahui secara lebih mendetail perbedaannya. Hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.8 – 4.11 dibawah ini :



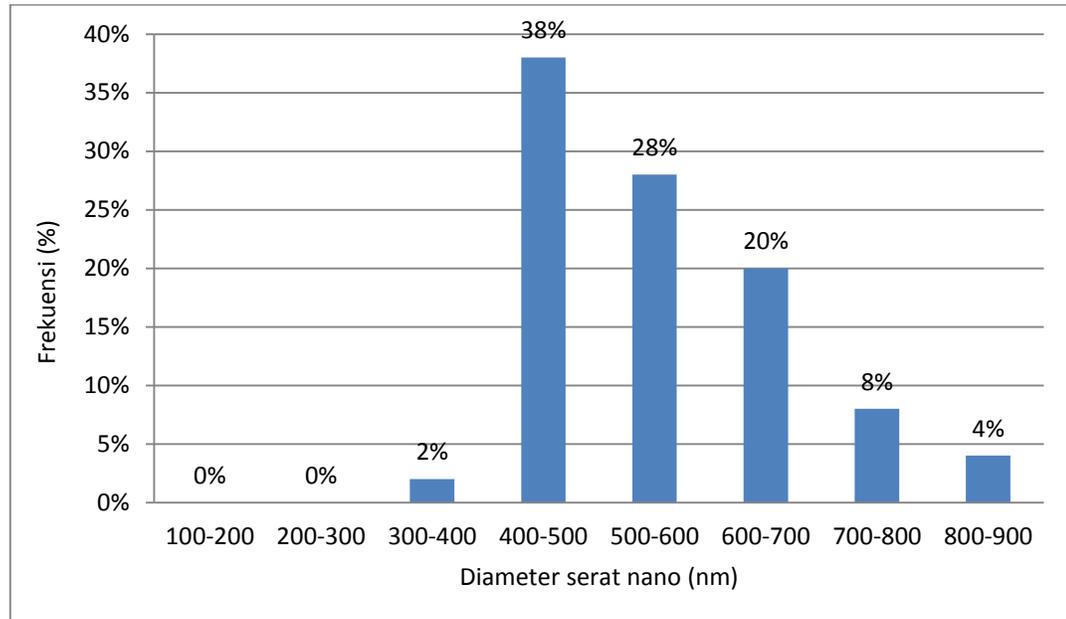
Gambar 4.8. Distribusi diameter serat nano PVA gohsenol 6%



Gambar 4.9. Distribusi diameter serat nano PVA ghsenol 8%



Gambar 4.10. Distribusi diameter serat nano PVA gohsenol 10 %



Gambar 4.11. Distribusi diameter serat nano PVA (BM 85.000-124.000) 10 %

Pada Gambar 4.8 dapat diamati distribusi serat nano yang difabrikasi menggunakan PVA Gohsenol dengan konsentrasi 6 % menunjukkan rentang diameter serat nano antara 100 nm – 600 nm, dengan diameter serat nano paling dominan antara 300 - 400 nm.

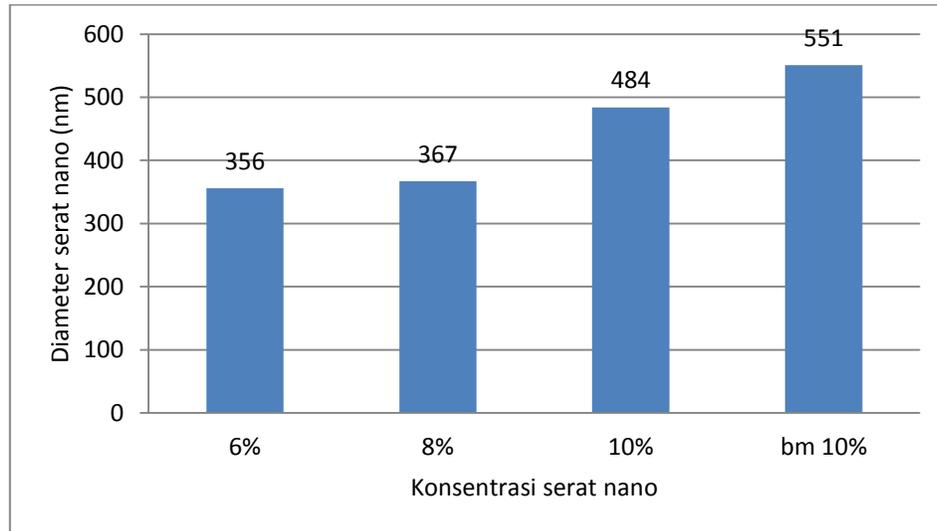
Gambar 4.9 dan 4.10 menunjukkan bahwa konsentrasi PVA Gohsenol 8 dan 10 % mengalami peningkatan dari PVA Gohsenol 6%. Distribusi serat nano yang difabrikasi menggunakan PVA Gohsenol dengan konsentrasi 8 dan 10 % menunjukkan rentang diameter serat nano antara 100 nm – 800 nm. Dari konsentrasi keduanya sama-sama memiliki diameter serat paling dominan antara 400 – 500 nm. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi semakin besar diameter serat nano yang dihasilkan.

Gambar 4.11 memperlihatkan distribusi serat nano yang difabrikasi menggunakan PVA 85.000-124.000 pada konsentrasi 10 %. Besar ukuran diameter serat nano pada konsentrasi BM 10 % mengalami peningkatan yang tinggi. Distribusi

serat nano yang difabrikasi menggunakan PVA 85.000 – 124.000 dengan konsentrasi 10 % menunjukkan rentang diameter serat nano antara 100 nm – 900 nm. Hal tersebut dikarenakan PVA 85.000 – 124.000 memiliki berat molekul. Dari konsentrasi tersebut memiliki diameter serat paling dominan antara 400 – 500 nm. Dengan viskositas yang tinggi akibat bertambahnya konsentrasi larutan menyebabkan berkurangnya penguapan pada zona *instability* yang akan menyebabkan pengaruh bertambah besarnya diameter serat nano (Deniz, 2015). Diameter serat yang mendominasi juga berukuran 500-700 nm yang digolongkan sebagai diameter serat nano yang memiliki ukuran besar.

Pada Gambar 4.12 di bawah ini menyatakan bahwa diameter rata-rata yang dihasilkan dari fabrikasi serat nano PVA gohsenol dan PVA 85.000-124.000 mengalami peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi larutan 6 % - 10 % . Dan mengalami penurunan pada konsentrasi PVA Gohsenol 10%, diakibatkan karena diameter serat nano yang tidak seragam.

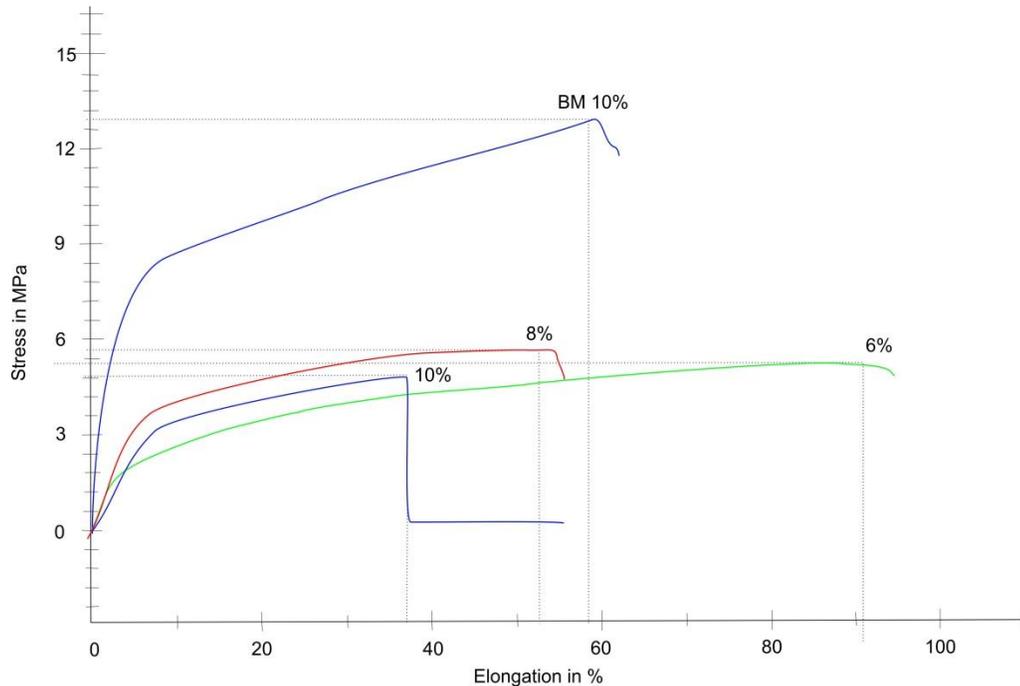
Dalam dunia perdagangan, serat nano adalah serat yang mempunyai diameter kurang dari 500 nm, sedangkan serat yang telah diproduksi dan diperdagangkan mempunyai diameter antara 50 nm sampai 300 nm (Lee, 2007). Dengan demikian dapat diketahui bahwa diameter rata-rata serat nano PVA Gohsenol pada konsentrasi 6 - 10 % yang dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi persyaratan serat nano yang diperdagangkan.



Gambar 4.12. Korelasi antara diameter rata-rata *nanofiber* terhadap konsentrasi PVA Gohsenol dan PVA (BM 85.000-124.000)

4.3. Hasil analisis sifat tarik

Analisis sifat tarik dilakukan untuk mengetahui sifat kuat tarik, regangan dan modulus elastisitas membran serat nano PVA gohsenol dan PVA (BM 85.000-124.000). Analisis perhitungan kuat tarik menggunakan persamaan 3.1, regangan 3.2 dan modulus elastisitas 3.3. Adapun pembahasan analisis sifat tarik membran serat nano PVA gohsenol dan PVA (BM 85.000-124.000) sebagai berikut :



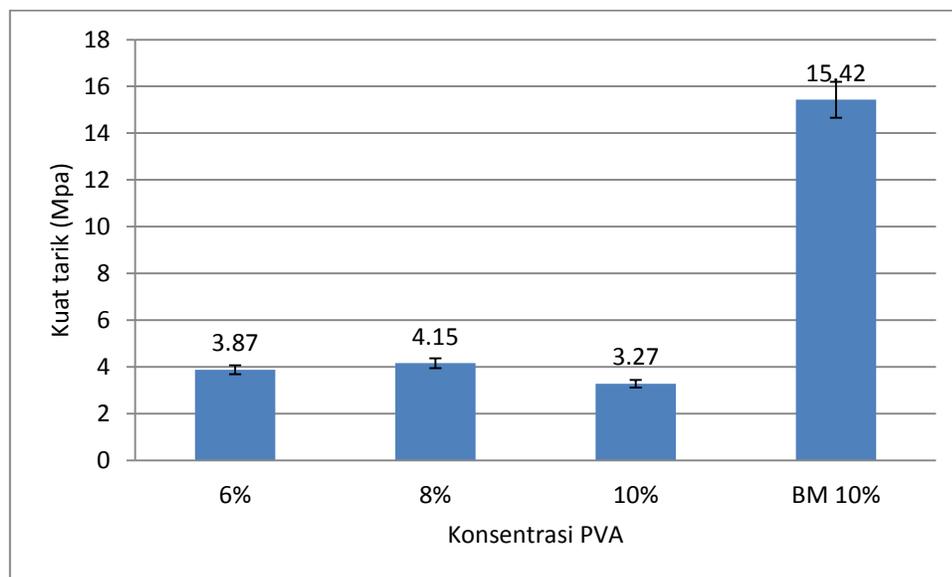
Gambar 4.13. Kurva tegangan regangan *nanofiber* PVA *Gohsenol* dan PVA (BM 85.000-124.000)

Dari kurva pada Gambar 4.13 dapat diamati hasil pengujian uji tarik membran serat nano PVA *Gohsenol* dan PVA (BM 85.000-124.000) dengan beberapa konsentrasi (6, 8, 10, dan analisis 10 %) terdapat sejumlah perbedaan sifat tarik. Deformasi yang terjadi pada membran nanofiber yang memiliki kekuatan paling tinggi pada PVA (BM 85.000-124.000) sedangkan yang memiliki kekuatan tarik paling rendah pada PVA *Gohsenol* 10%. Maka dari itu dilakukan analisis sifat tarik agar mengetahui lebih jelas perbedaannya.

4.3.1. Analisis kuat tarik

Tabel 4.1. Pengaruh variasi konsentrasi terhadap kuat tarik PVA

sample	Kuat Tarik Berdasarkan Konsentrasi PVA (Mpa)			
	6%	8%	10%	BM 10%
A	4.4093	5.2531	4.4222	13.7801
B	3.4411	3.9017	3.5505	18.7727
C	3.7625	3.3135	1.8430	13.7367
Rata-Rata	3.8710	4.1561	3.2719	15.4298
Standart Deviasi	0.49	0.99	1.07	2.90



Gambar 4.14. Grafik pengaruh variasi konsentrasi terhadap kuat tarik PVA

Gohsenol dan PVA (BM 85.000-124.000)

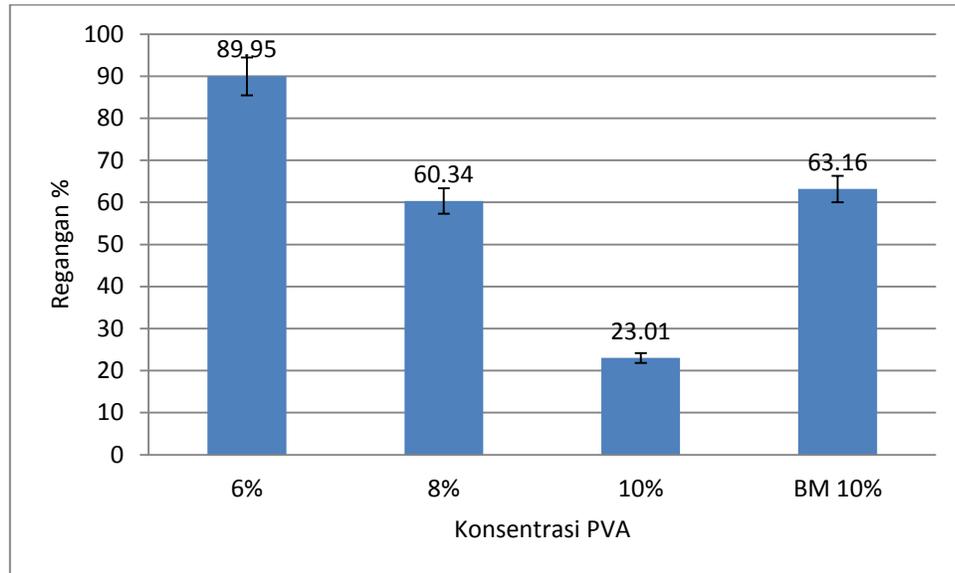
Gambar 4.14 menunjukkan nilai kuat tarik rata-rata spesimen membran serat nano dengan variasi PVA *Gohsenol* dan PVA (BM 85.000-124.000). Berdasarkan data hasil pengujian, sifat kuat tarik membran serat nano PVA *Gohsenol* meningkat seiring bertambahnya konsentrasi, dengan nilai kuat tarik tertinggi pada konsentrasi 8 % yaitu $4,15 \pm 0,99$ MPa. Hal ini disebabkan keseragaman serat semakin meningkat dan diameter serat yang semakin kecil akan mempengaruhi bertambahnya kuat tarik membran serat nano.

Namun, terjadi penurunan pada nilai kuat tarik membran serat nano dengan konsentrasi 10 % PVA Gohsenol hingga mencapai $3,27 \pm 1,07$. Kondisi tersebut diakibatkan karena morfologi serat nano dan diameter serat nano tidak seragam, terlihat pada gambar 4.11. Pengaruh diameter serat juga berperan penting terhadap nilai kuat tarik membran serat nano. Berbeda dengan PVA 85.000- 124.000 yang memiliki kuat tarik jauh lebih tinggi dibandingkan dengan PVA Gohsenol yang mencapai (15,42 Mpa). Hal tersebut dikarenakan PVA 85.000 – 124.000 memiliki berat molekul. Ditunjukkan pada Gambar 4.12 diameter rata-rata serat nano PVA 85.000 – 124.000 pada konsentrasi 10 % jauh lebih besar dari pada konsentrasi PVA Gohsenol 6 % - 10 %.

4.3.2. Hasil analisis regangan

Tabel 4.2. Pengaruh variasi konsentrasi terhadap regangan PVA

Sample	Regangan Berdasarkan Konsentrasi PVA			
	6%	8%	10%	BM 10%
A	94.0917	53.4029	36.1149	53.6454
B	94.0803	55.4089	20.2021	61.4522
C	81.6887	72.2334	12.7205	74.4089
Rata-Rata	89.9536	60.3484	23.0125	63.1688
Standart Deviasi	5.84	8.44	9.76	8.56



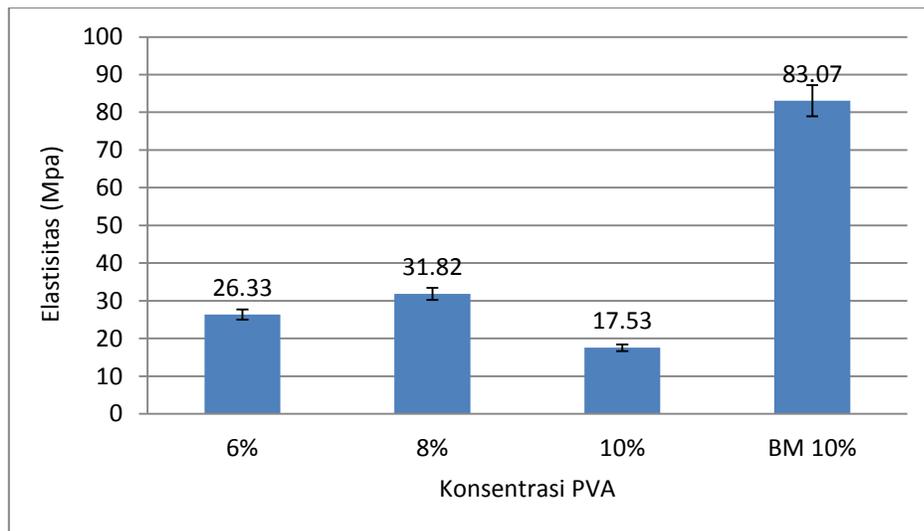
Gambar 4.15. Grafik pengaruh variasi konsentrasi terhadap regangan PVA

Tabel 4.2 dan grafik pada Gambar 4.15 menyatakan bahwa nilai regangan membran serat nano PVA gohsenol dan PVA 85.000-124.000 menunjukkan nilai paling tinggi pada konsentrasi 6 % dan mengalami penurunan ketika konsentrasi PVA semakin tinggi. Hal ini terjadi karena membran pada komposisi ini telah didominasi perilaku plastik yang rendah sehingga kekuatan tarik yang dihasilkan tinggi dan kekuatan regangnya menjadi rendah (Farha dan Kusumawati, 2012). Berdasarkan (Annaidh dkk, 2011) pada penelitian Jansen and Rottier (1958) standar material medis yang dihasilkan yaitu dengan nilai elongasi antara 17%-207%, sedangkan nilai kuat tarik antara 1MPa-24 MPa. Pada penelitian ini nilai regangan yaitu antara 23,01 % - 89,95 % dan nilai kuat tarik membran antara 3,27 – 15,42 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa bahan polimer PVA gohsenol dan PVA (BM 85.000-124.000) untuk pembuatan serat nano dengan konsentrasi (6, 8, 10, BM 10 % w/w) termasuk ke dalam standar tersebut.

4.3.3. Hasil analisis modulus elastisitas

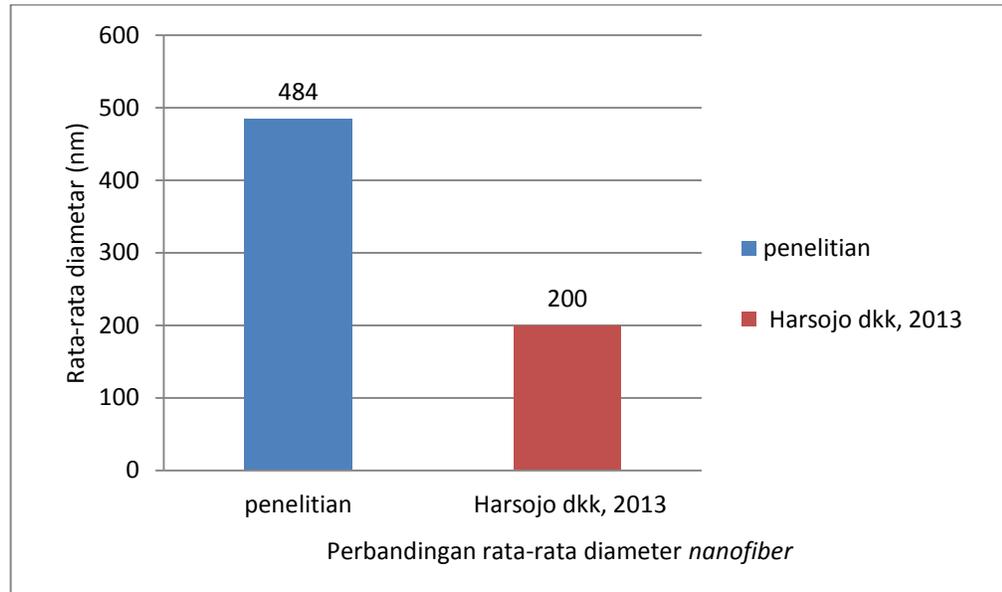
Tabel 4.3. Pengaruh variasi konsentrasi terhadap modulus elastisitas PVA

Sample	Modulus Elastisitas Berdasarkan Konsentrasi PVA			
	6%	8%	10%	BM 10%
A	32.963	44.7491	21.4607	71.8424
B	23.4487	28.4889	19.2079	82.9585
C	22.6003	22.2516	11.9253	94.4277
Rata-Rata	26.3373	31.8299	17.5313	83.0762
Standart Deviasi	5.75	11.61	4.98	11.29



Gambar 4.16. Grafik pengaruh variasi konsentrasi terhadap modulus elastisits PVA

Tabel 4.3. dan grafik pada Gambar 4.16 menunjukkan hasil modulus elastisitas yang dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 3.3. Dapat diamati grafik peningkatan dan penurunan modulus elastisitas berbanding lurus terhadap nilai kuat tarik membran serat nano. Dengan nilai modulus elastisitas tertinggi terdapat pada konsentrasi BM 10 % (83,07 MPa) dan mengalami penurunan pada konsentrasi 10 % (17,53 MPa) yang juga menunjukkan nilai modulus elastisitas paling rendah. Hal tersebut menunjukan semakin tinggi kuat tarik serat yang dihasilkan akan semakin tinggi modulus elastisitas yang di dapatkan.



Gambar 4.17. Perbandingan diameter rata-rata serat nano PVA penelitian Harsojo dkk, (2014) dan penelitian ini

Dari Gambar 4.17 dapat diamati nilai rata-rata diameter serat nano berbanding lurus dengan penelitian yang dilakukan (Harsojo dkk, 2013). Hal ini dikarenakan, perbedaan parameter tegangan dan jarak TCD yang digunakan (Harsojo dkk, 2013) yaitu 5 kV dan 20 cm di dapatkan diameter rata-rata serat nano 200 nm. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan tegangan 25 kV dan jarak TCD 12 cm di dapatkan diameter serat nano 484 nm.