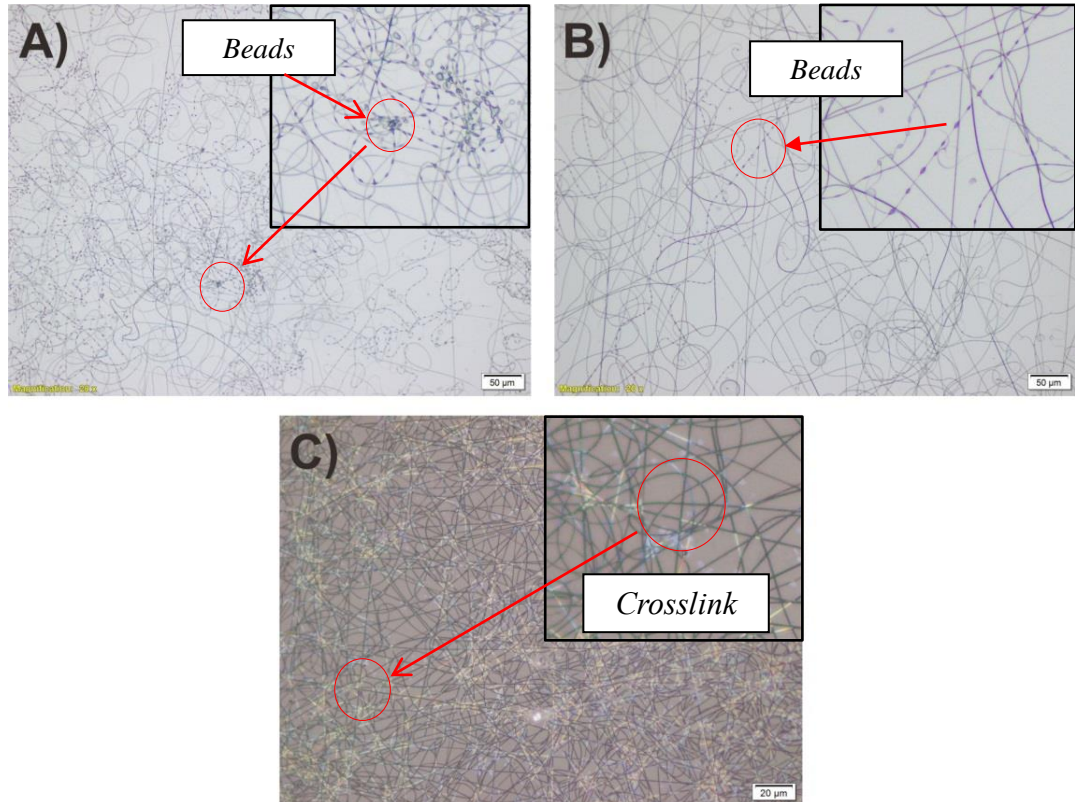


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Optimasi Elektrosinning



Gambar 4.1. Hasil optimasi elektrosinning menggunakan *optical microscope*; (A) tegangan 10 kV dan TCD 10 cm. (B) tegangan 12,5 kV dan TCD 12 cm. (C) tegangan 15 kV TCD 16,5 cm

Hasil optimasi elektrosinning dapat dilihat pada Gambar 4.1, di mana pada Gambar 4.1 (A) dan (B) menunjukkan bahwa serat nano belum terbentuk dan memiliki jumlah *beads* yang banyak. Ini disebabkan karena parameter tegangan yang diberikan terlalu rendah (Meilanny dkk, 2015), sehingga dapat menyebabkan terbentuknya *beads* dan tidak terbentuknya serat nano, maka parameter proses yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1 (A) dan (B) tidak dapat digunakan. Adapun Gambar 4.1 (C) menunjukkan bahwa serat nano telah terbentuk dengan struktur yang teratur dan terdapat banyak ikatan silang (*crosslink*) serta tidak terdapat *beads* pada serat, sehingga parameter proses pada Gambar 4.1 (C) dapat digunakan dalam pembuatan

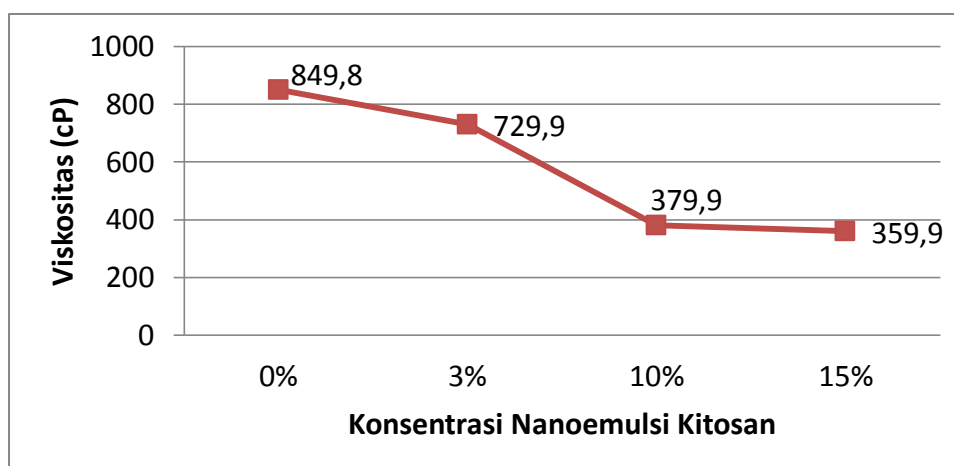
membran hibrid nanofiber, yaitu dengan menggunakan tegangan 15 kV dan jarak TCD 16,5 cm.

4.2. Hasil Uji Viskositas

Sifat dari larutan ditentukan oleh berbagai hal salah satunya adalah viskositas, di mana viskositas merupakan salah satu parameter utama yang mempengaruhi ukuran diameter serat (Uslu dkk, 2010). Tabel 4.1 merupakan nilai viskositas yang diambil datanya dengan menggunakan alat *viscometer*:

Tabel.4.1. Viskositas larutan polimer *Aloe vera*/PVA/nanoemulsi kitosan

NO	Sample AV/PVA/nanoemulsi kitosan	Ulangan 1 (cP)	Ulangan 2 (cP)	Rata-Rata	Standar Deviasi
1	0%	849,8	849,8	849,8	0
2	3%	729,9	729,9	729,9	0
3	10%	379,9	379,9	379,9	0
4	15%	359,9	359,9	359,9	0



Gambar 4.2. Grafik hubungan antara viskositas dan konsentrasi nanoemulsi kitosan

Tabel 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan data hasil uji viskositas pada setiap penambahan konsentrasi nanoemulsi kitosan di mana pada setiap penambahan nanoemulsi kitosan menunjukkan penurunan viskositas. Viskositas tertinggi berada pada konsentrasi 0% dengan nilai kekentalan

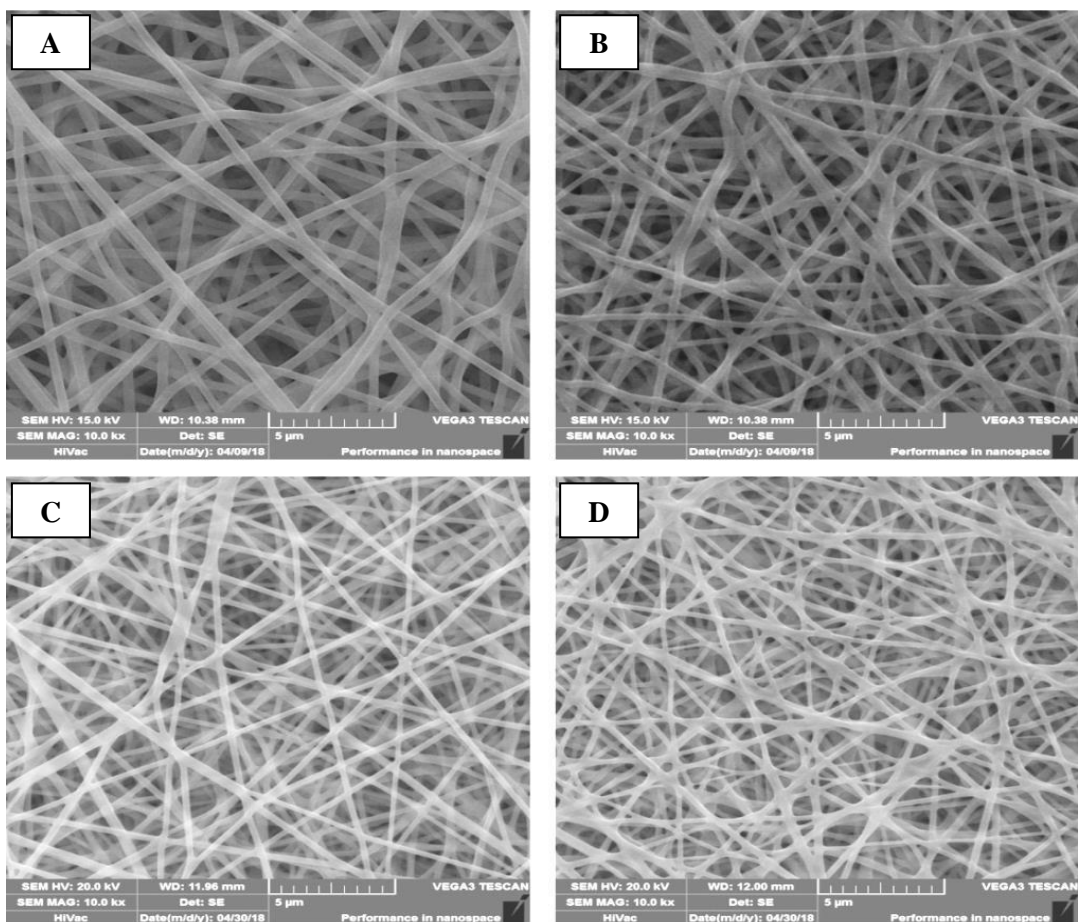
849,8 cP, dan viskositas terendah berada pada konsentrasi 15% dengan nilai kekentalan 359 cP.

4.3. Hasil Analisis Membran Hibrid Nanofiber

Dalam sub bab ini akan dibahas tentang hasil serta analisis membran hibrid nanofiber seperti analisis citra *scanning electron microscope* (SEM), analisis *beads* dan analisis distribusi diameter serat.

4.3.1 Analisis Citra SEM

Tujuan dari analisis membran ini adalah untuk mengetahui morfologi membran dengan melihat struktur serat, diameter serat, dan ikatan silang yang ada pada membran hasil citra SEM.



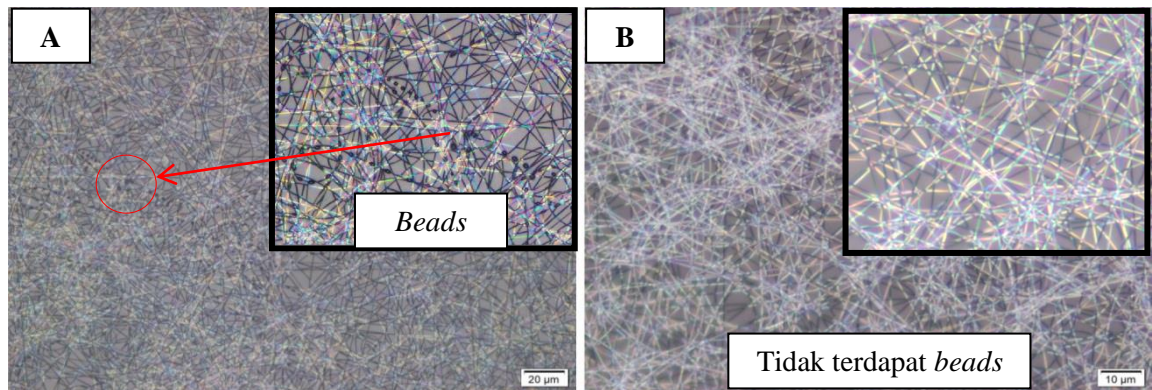
Gambar.4.3. Hasil uji SEM dengan penambahan konsentrasi nanoemulsi kitosan; (A) Konsentrasi 0%, (B) Konsentrasi 3%, (C) Konsentrasi 10%, (D) Konsentrasi 15%

Gambar 4.3 menunjukkan hasil citra SEM dengan konsentrasi 0, 3, 10, dan 15% (^{w/w}) nanoemulsi kitosan, di mana pada setiap hasil citra SEM menunjukkan struktur serat yang teratur tanpa adanya *beads* dan terbentuknya ikatan silang. Dari hasil citra SEM (Gambar 4.3) menunjukkan bahwa struktur serat pada konsentrasi 3% dan 15% memiliki permukaan yang dominan tidak rata disepanjang fiber. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh nanoemulsi kitosan yang digunakan sebagai *filler* belum terdispersi secara homogen kedalam larutan, sehingga nanofiber yang dihasilkan kurang baik. Adapun nanofiber yang dihasilkan oleh konsentrasi 0% dan 10% lebih lurus dan dominan rata dibanding konsentrasi 3% dan 15%. Ini disebabkan karena antara matriks dan *filler* telah homogen atau telah terdispersi sempurna.

4.3.2. Analisis *Beads*

Beads umumnya merupakan manik-manik atau bintik pada serat yang tidak diinginkan keberadaannya, karena umumnya merupakan serat yang berkualitas tidak bagus (*fiber defect*). Dalam kasus ini *beads* pada serat tidak terlihat, namun dalam keadaan lain *beads* akan terlihat seperti pada penelitian Robaitullah (2017) yang ditunjukkan pada pembahasan analisis morfologi membran nanofiber di mana saat semakin meningkatnya konsentrasi nanoemulsi kitosan yang diberikan maka semakin besar pula dampak peningkatan jumlah *beads* pada serat.

Lain halnya dengan penelitian ini, dimana *beads* tidak terlihat sama sekali pada morfologi membran hasil citra SEM. Adapun faktor penyebab tidak terdapat *beads* adalah pada penggunaan suhu rendah berkisar antara 35°C - 40°C dalam proses pencampuran antara matriks *Aloe vera*/PVA dengan pengisi (*filler*) kitosan nano-emulsi. Hal ini dibuktikan dengan hasil citra optik, di mana ketika larutan PVA/nanoemulsi kitosan tanpa suhu dibandingkan dengan PVA/nanoemulsi kitosan menggunakan suhu 35°C - 40°C (Gambar 4.4).



Gambar 4.4. Pembuktian faktor penggunaan suhu dalam menghilangkan *beads*; (A) PVA/nanoemulsi kitosan tanpa suhu, (B) PVA/nanoemulsi kitosan dengan suhu 35°C - 40°C

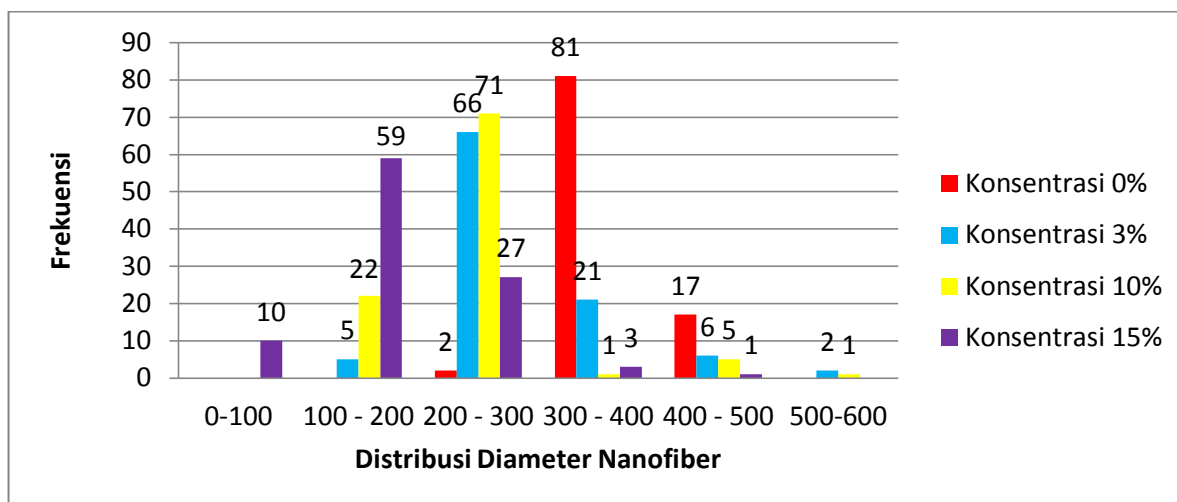
Adapun perbedaan yang tampak dari kedua gambar diatas adalah di mana hasil dari Gambar 4.4 (A) menunjukkan bahwa PVA/nanoemulsi kitosan tanpa suhu memiliki *beads* dengan jumlah yang cukup banyak. Sedangkan pada Gambar 4.4 (B) menunjukkan hasil sebaliknya, di mana *beads* tidak terlihat di setiap morfologi permukaan serat, sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan suhu rendah yang berkisar antara 35°C - 40°C mampu menghilangkan *beads* yang ada pada kitosan yang akan digunakan sebagai pengisi (*filler*) dalam penelitian.

4.3.3 Analisis Distribusi Diameter Serat

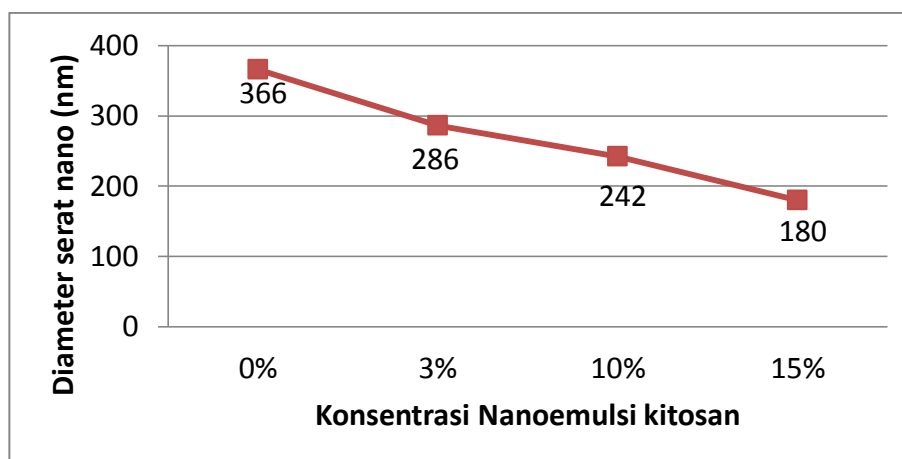
Tujuan dilakukan pengukuran diameter serat adalah untuk mendapatkan hasil diameter nanofiber yang detail pada setiap titiknya. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.2, Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.

Tabel 4.2. Tabel distribusi diameter serat nano

Distribusi Diameter Serat Nano				
Diameter	0%	3%	10%	15%
0-100	-	-	-	10
100 - 200	-	5	22	59
200 - 300	2	66	71	27
300 - 400	81	21	1	3
400 - 500	17	6	5	1
500-600	-	2	1	-
Rata-Rata Diameter	366	286	242	180
Standar Deviasi	33,53	68,14	70,83	62,95



Gambar 4.5. Distribusi diameter nanofiber *Aloe vera*/PVA/nanoemulsi kitosan



Gambar 4.6. Korelasi antara diameter rata-rata nanofiber terhadap peningkatan konsentrasi nanoemulsi kitosan pada matriks *Aloe vera*/PVA

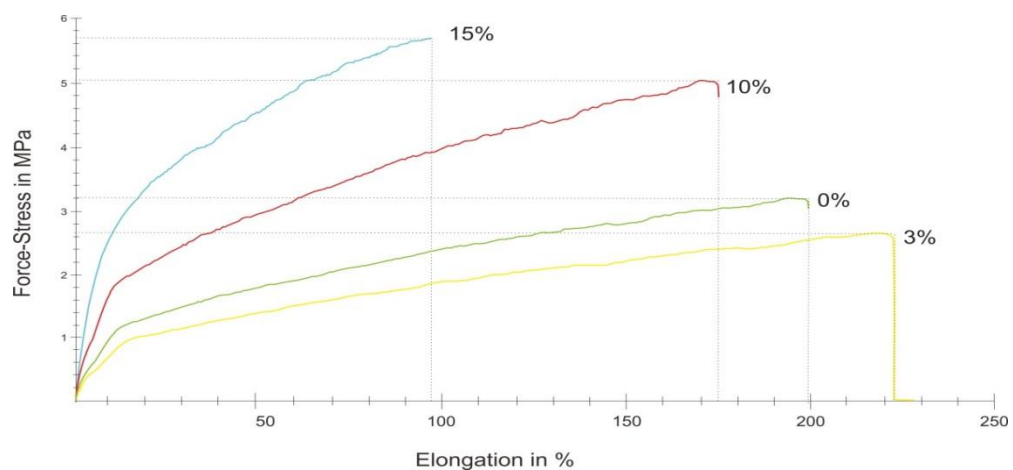
Gambar 4.6 menunjukkan bahwa semakin bertambah konsentrasi nanoemulsi kitosan (0 – 15%) pada matriks *Aloe vera*/PVA, maka ukuran diameter serat semakin menurun. Penurunan diameter serat tersebut terjadi karena turunnya viskositas larutan akibat penambahan nanoemulsi kitosan pada matriks *Aloe vera*/PVA (Lin dkk, 2004).

Adapun ukuran diameter serat pada penelitian ini yang lebih besar dibanding penelitian Abdullah dkk (2014), kemungkinan disebabkan oleh karakteristik bahan yang digunakan berbeda. Muhaimin dkk (2014) menyatakan dari penelitian yang sudah ada, bahwa karakteristik dari bahan termasuk bagian penting dalam parameter yang dapat mempengaruhi

morfologi, sehingga ini menjelaskan bahwa diameter serat yang dihasilkan oleh Abdullah lebih kecil dibanding penelitian ini. Karakteristik bahan PVA ($M_w = 125.000$ g/mol) yang digunakan oleh Abdullah dkk (2014) memiliki nilai berat molekul yang jauh lebih besar dari PVA ($M_w = 22.000$ g/mol) yang digunakan penelitian ini. Akan tetapi, diameter serat pada penelitian ini jauh lebih kecil dibanding dengan penelitian sebelumnya, hal ini disebabkan karena bahan kitosan yang digunakan mampu menurunkan ukuran serat, sehingga penelitian ini dianggap berhasil karena diameter serat yang dihasilkan jauh lebih kecil dibanding penelitian sebelumnya.

4.4 Hasil Analisis Sifat Mekanik

Analisis sifat mekanik dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tarik, regangan (*elongansi*), dan modulus elastisitas pada membran hibrid nanofiber *Aloe vera*/PVA/nanoemulsi kitosan. Analisis nilai kuat tarik dan regangan didapatkan melalui data hasil pengujian mekanik, sedangkan nilai modulus elastisitas dicari dengan menggunakan persamaan 3.3 dan metode *offset*.



Gambar 4.7 Kurva tegangan-regangan serat nano *Aloe vera*/PVA/nanoemulsi kitosan

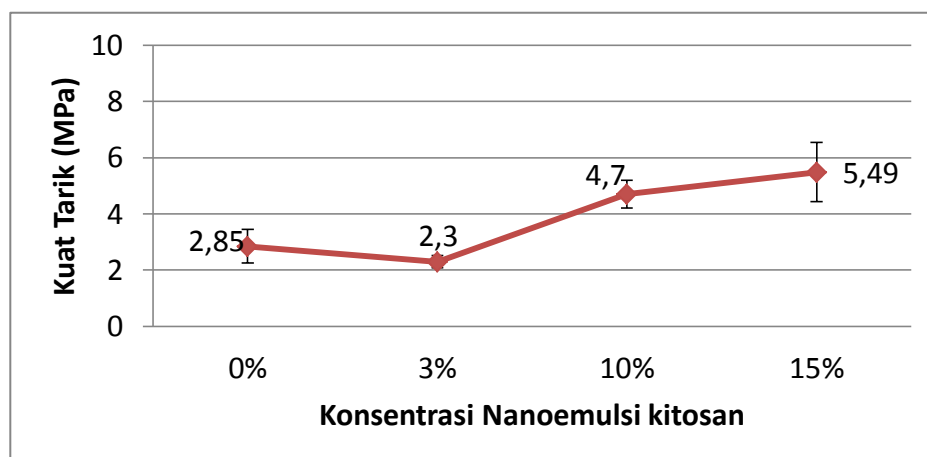
Gambar 4.7 merupakan kurva hasil uji tarik membran hibrid nanofiber *Aloe vera*/PVA/nanoemulsi kitosan dengan konsentrasi 0, 3, 10 dan 15%. Dari kurva tersebut dapat diketahui bahwa membran hibrid nanofiber *Aloe vera*/PVA/nanoemulsi kitosan konsentrasi 15% memiliki kuat tarik dan modulus elastisitas tertinggi dibandingkan konsentrasi lainnya. Berikut

merupakan pembahasan analisis sifat mekanik:

4.4.1. Analisis Sifat Tarik

Tabel 4.3. Pengaruh variasi konsentrasi terhadap kuat tarik *Aloe vera*/PVA/nanoemulsi kitosan

Sampel	Kuat tarik berdasarkan konsentrasi <i>Aloe vera</i> /PVA/nanoemulsi kitosan (MPa)			
	0%	3%	10%	15%
A	2,4644	2,1766	5,0843	6,7344
B	3,0846	2,1665	4,6324	6,1753
C	3,4933	2,2922	4,8497	4,1559
D	3,2013	2,6821	5,0629	5,6434
E	2,0058	2,172	3,8883	4,7477
Rata-rata	2,85	2,3	4,7	5,49
Standar Deviasi	0,60	0,22	0,49	1,05



Gambar 4.8. Grafik pengaruh variasi konsentrasi nanoemulsi kitosan terhadap nilai kuat tarik (*Tensile Strength*)

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.8 bahwa sifat kuat tarik semakin meningkat dengan bertambahnya variasi konsentrasi nanoemulsi kitosan. Adapun nilai kuat tarik tertinggi berada pada konsentrasi 15% dengan nilai 5,49 MPa dan nilai kuat tarik terendah berada pada konsentrasi 3% dengan nilai 2,3 MPa. Nilai kuat tarik yang semakin tinggi diakibatkan oleh distribusi diameter serat yang merata serta ukuran diameter serat yang semakin menurun (Gambar 4.3 & Gambar 4.6). Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Robaitullah (2017), di mana

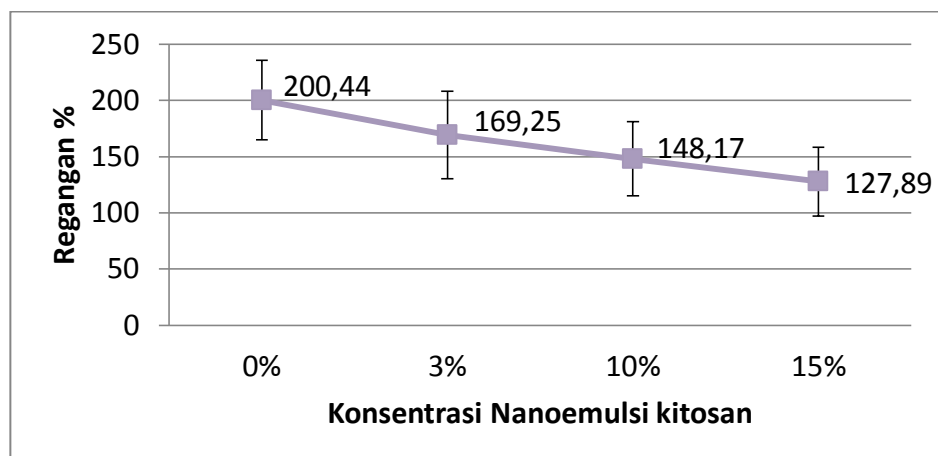
ketika variasi penambahan nanoemulsi kitosan semakin besar maka nilai kuat tarik juga semakin tinggi.

Namun, terjadi penurunan nilai kuat tarik pada konsentrasi 3%. Nilai kuat tarik yang turun pada konsentrasi 3% kemungkinan diakibatkan oleh proses pencampuran antara matriks *Aloe vera*/PVA dan *filler* nanoemulsi kitosan tidak terdispersi secara homogen, sehingga interaksi gugus aktif pada PVA dengan gugus aktif pada kitosan kurang maksimal (Pudjiastuti dkk, 2016). Akan tetapi nilai kuat tarik (5,49 MPa) yang dihasilkan pada penelitian ini tidak setinggi pada penelitian Robaitullah (2017) dan Widodo (2017) yang memiliki nilai kuat tarik tertinggi 12,71 MPa dan 6,38 MPa. Hal ini dimungkinkan karena pencampuran antara *aloe vera* dan nanoemulsi kitosan pada tingkat konsentrasi tertinggi (15%) belum mencapai batas tertingginya dalam menghasilkan nilai kuat tarik yang lebih dari penelitian yang dilakukan oleh Robaitullah (2017) dan Widodo (2017). Oleh karena itu penelitian ini perlu dilanjutkan dengan penambahan konsentrasi nanoemulsi kitosan yang lebih tinggi dari 15%.

4.4.2. Analisis Regangan (*elongasi*)

Tabel 4.4. Pengaruh variasi konsentrasi terhadap regangan *Aloe vera*/PVA/nanoemulsi kitosan

Sampel	Regangan berdasarkan konsentrasi nanoemulsi kitosan (MPa)			
	0%	3%	10%	15%
A	206,2700	190,9691	146,2979	153,7767
B	209,7568	155,8633	99,4222	167,1416
C	242,6377	126,5836	138,2198	111,3643
D	199,0438	224,9285	174,6691	96,9108
E	144,5012	147,9087	182,2533	110,2587
Rata-rata	200,44	169,25	148,17	127,89
Standar Deviasi	35,47	38,82	32,95	30,64



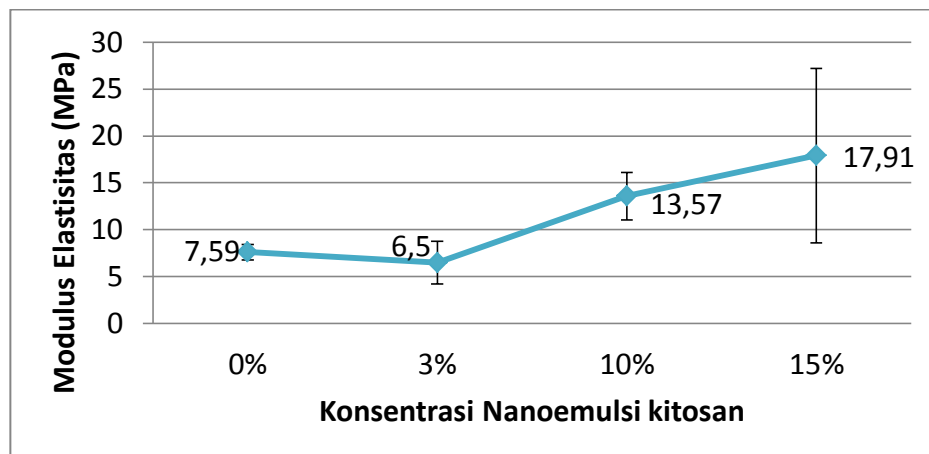
Gambar 4.9. Grafik pengaruh variasi konsentrasi nanoemulsi kitosan terhadap regangan

Tabel 4.3 dan Gambar 4.9 merupakan data nilai regangan yang didapatkan dari hasil pengujian sifat mekanik, di mana nilai tertinggi regangan berada pada konsentrasi 0% dengan nilai 200,44% dan nilai terendah berada pada konsentrasi 15% dengan nilai 127,89%. Dari data grafik Gambar 4.10 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya konsentrasi nanoemulsi kitosan maka semakin turun nilai regangan. Penurunan nilai regangan disebabkan karena tidak didominasinya perilaku plastik sehingga kekuatan tarik yang dihasilkan tinggi dan nilai regangan menurun (Farha dan Kusumawati, 2012).

4.4.3. Analisis modulus elastisitas

Tabel 4.5. Pengaruh variasi konsentrasi terhadap modulus elastisitas *Aloe vera*/PVA/nanoemulsi kitosan

Sampel	Modulus elastisitas berdasarkan konsentrasi nanoemulsi kitosan (MPa)			
	0%	3%	10%	15%
A	8,00	6,00	13,70	16,13
B	8,16	5	9,38	16,30
C	7,41	5,41	14,29	8,00
D	8,11	10,53	14,29	33,33
E	6,25	5,56	16,22	15,79
Rata-rata	7,59	6,5	13,57	17,91
Standar Deviasi	0,81	2,28	2,53	9,31



Gambar 4.10. Grafik pengaruh variasi konsentrasi nanoemulsi kitosan terhadap nilai modulus elastisitas

Tabel 4.4 dan Gambar 4.10 merupakan data nilai modulus elastisitas dan grafik pengaruh variasi konsentrasi nanoemulsi kitosan terhadap nilai modulus elastisitas. Adapun nilai dari modulus elastisitas yang semakin meningkat bersamaan dengan bertambahnya konsentrasi nanoemulsi kitosan. Nilai modulus tertinggi berada pada konsentrasi 15% dengan nilai 17,59 MPa dan nilai terendah berada pada konsentrasi 3% dengan nilai 6,5 MPa.

Namun, terjadi penurunan nilai modulus elastisitas pada konsentrasi 3%. Nilai modulus yang turun pada konsentrasi 3% berbanding lurus dengan nilai kuat tariknya, di mana hal tersebut disebabkan oleh hal yang sama yaitu diakibatkan oleh proses pencampuran antara matriks *Aloe vera*/PVA dan *filler* nanoemulsi kitosan tidak terdispersi secara homogen, sehingga interaksi gugus aktif pada PVA dengan gugus aktif pada kitosan kurang maksimal (Pudjiastuti dkk, 2016).

Adapun penelitian Jansen dan Rottier (1958b) dari Annaidh dkk (2012) bahwasannya standar material medis yang dapat digunakan adalah dengan memiliki nilai kuat tarik antara 1 MPa - 24 MPa, nilai regangan (*elongasi*) antara 17% - 207% dan nilai modulus elastisitas 2,9 MPa – 54 MPa. Adapun hasil nilai kuat tarik, regangan dan modulus elastisitas yang didapat pada penelitian ini memiliki nilai yang berada pada standar yang disebutkan, dengan nilai kuat tarik antara 2,30 MPa – 5,49 MPa, nilai dari regangan berkisar antara 127,89% - 200,44% dan nilai modulus elastisitas 6,5 MPa –

17,91 MPa, sehingga semua konsentrasi penambahan nanoemulsi kitosan yang digunakan pada larutan polimer *Aloe vera*/PVA/nanoemulsi kitosan merupakan bahan yang berpotensi untuk dijadikan sebagai pembalut luka (*wound dressing*).