

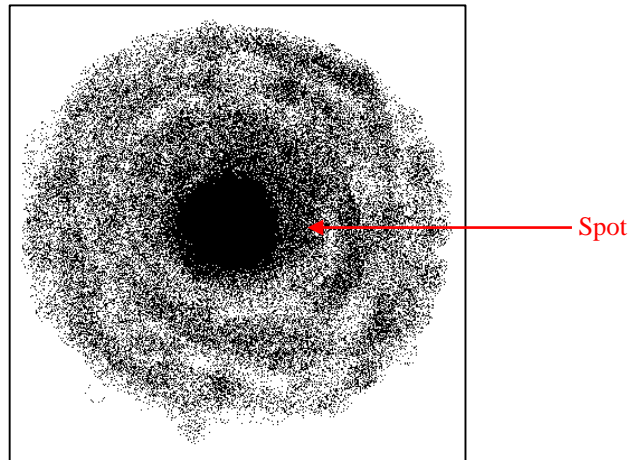
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Optimasi kondisi proses *electrospinning*

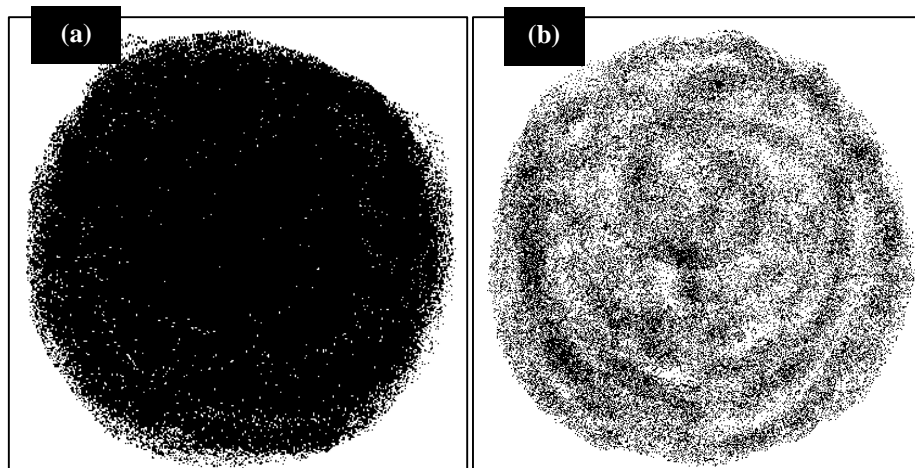
Dalam pembuatan serat nano menggunakan metode *electrospinning* harus diawali dengan melakukan optimasi terhadap parameter proses. Parameter yang optimum merupakan hal yang utama dalam pembuatan membran serat nano, karena berkaitan dengan efisiensi waktu pembuatan serta distribusi ketebalan sampel uji, yang mempengaruhi morfologi struktur serat dan pembuatan sampel uji tarik. Gambar 4.1-4.4 adalah ilustrasi dari kasus dan membran serat nano yang dihasilkan pada optimasi *electrospinning*. Dari gambar tersebut diilustrasikan warna hitam adalah serat nano yang terkumpul pada plat *collector* berukuran (16 cm x16 cm), ditunjukkan pada Gambar 4.4.

Dalam optimasi ini diambil beberapa istilah membran serat nano yang dihasilkan agar mempermudah dalam pencapaian kondisi yang optimum yaitu *spot membran*, *fiber terkumpul*, *circle membran*, *hollow membran*. *Spot membran* adalah kondisi dimana serat yang dihasilkan hanya mengarah pada satu titik tengah, tidak mengalami penyebaran serat, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1. *Fiber terkumpul* adalah suatu istilah dimana serat yang dihasilkan pada saat optimasi dapat terkumpul sedikit atau banyak, dapat diilustrasikan pada Gambar 4.2a. dan Gambar 4.2b. *Circle membran* adalah kondisi dimana serat yang dihasilkan mengalami penyebaran serat seperti lingkaran pada *collector*, dapat diilustrasikan pada Gambar 4.3. *Hollow membran* adalah kondisi dimana membran serat nano yang dihasilkan membentuk seperti *hollow* pada *collector*, seperti ilustrasi pada Gambar 4.4.

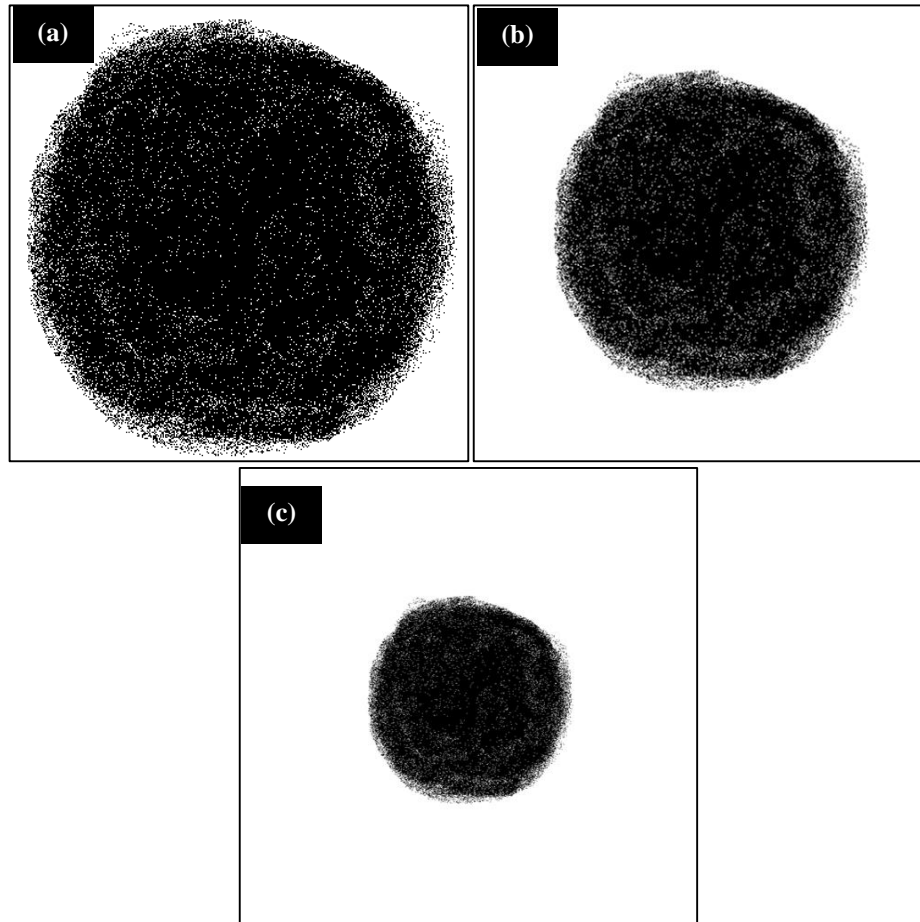
Dari optimasi *electrospinning* hasil optimum yang diperlukan dalam pembuatan membran serat nano adalah seperti pada Gambar 4.2a dan 4.3a yaitu memiliki *circle* membran serat nano yang besar, serta serat nano terkumpul banyak pada *collector*. Hal tersebut terdapat pada kondisi *electrospinning* dengan parameter dengan tegangan 15 kV , diameter jarum / *spinnerate* 0,7 dan jarak antara tip/ ujung jarum ke *collector* 15 cm.



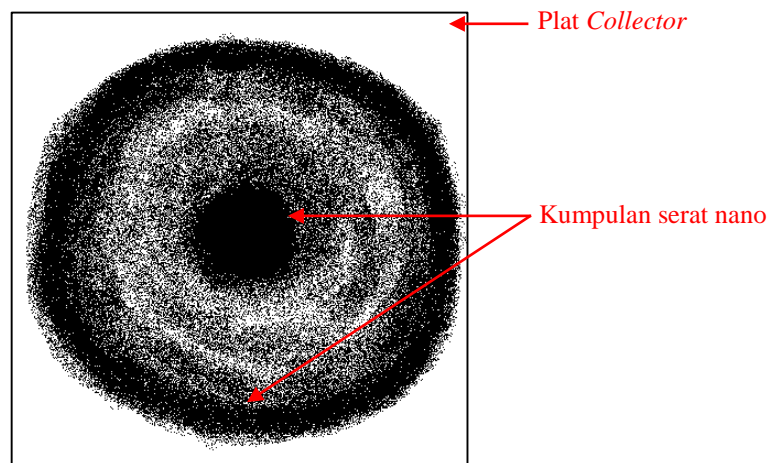
Gambar 4.1. Ilustrasi *spot* membran serat nano



Gambar 4.2. Ilustrasi *fiber terkumpul* ; (a) Serat terkumpul banyak , (b) Serat terkumpul sedikit



Gambar 4.3. Ilustrasi *circle* membran serat nano; (a) *Circle* besar, (b) *Circle* sedang, (c) *Circle* kecil



Gambar 4.4. Ilustrasi *hollow* membran serat nano

4.2. Analisis morfologi membran serat nano

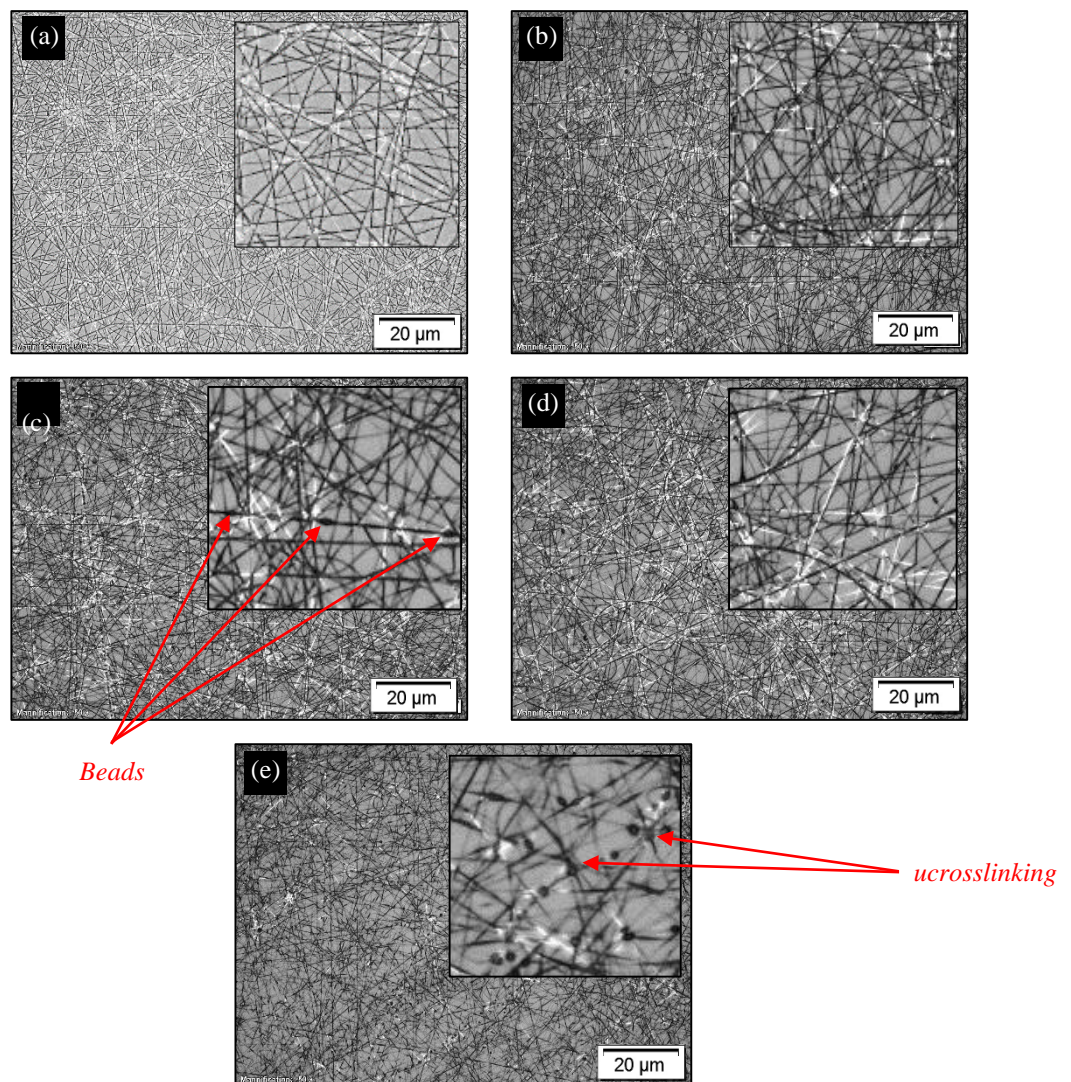
Serat nano PVA/Nanokitosan dibuat dengan variasi konsentrasi nanokitosan yaitu 0%, 2%, 5%, 10%, dan 15%. Morfologi permukaan membran serat nano dianalisis menggunakan *optical microscope*. Gambar 4.5a adalah gambar serat nano PVA/nanokitosan dengan konsentrasi 0% (PVA murni). Dari gambar tersebut dapat diamati bahwa serat yang dihasilkan merupakan serat yang kontinyu, terdapat sedikit butiran serat (*beads*) namun tidak terlalu berpengaruh terhadap keseragaman serat. Hal tersebut menyatakan bahwa serat yang dibuat menggunakan PVA murni dapat menghasilkan serat yang cukup baik.

Gambar 4.5b dan 4.5c merupakan serat nano PVA/Nanokitosan dengan konsentrasi berturut-turut 2% dan 5% dengan parameter alat *electrospinning* yang sama dengan PVA murni. Dapat dilihat pada gambar bahwa serat yang dihasilkan memiliki karakteristik yang sama dengan PVA murni yaitu memiliki karakteristik serat yang kontinyu dan seragam, namun terdapat sedikit perubahan peningkatan jumlah *beads* pada Gambar 4.5c seiring dengan bertambahnya konsentrasi larutan nanokitosan. Hal ini disebabkan karena terjadi penurunan viskositas pada konsentrasi 5% (Wahyudi and Sugiyana 2011).

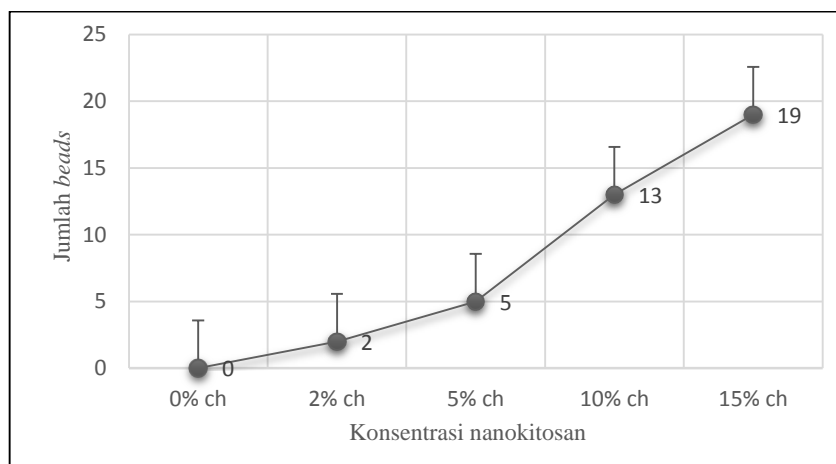
Gambar 4.5d memperlihatkan serat nano yang difabrikasi menggunakan larutan PVA/Nanokitosan dengan konsentrasi larutan 10%. Terlihat bahwa terjadi penambahan *beads* pada serat seiring dengan bertambahnya konsentrasi nanokitosan. Namun pada kasus ini serat yang dihasilkan tampak terjadi penurunan ukuran diameter serat. Penurunan diameter pada serat ini disebabkan karena menurunnya viskositas, sehingga pada saat pembentukan serat pada ujung tip (*taylor cone*) dan tertarik pada *collector*, serat mengalami penguapan lebih cepat daripada serat yang memiliki viskositas lebih tinggi.

Gambar 4.5e menunjukkan serat nano yang difabrikasi menggunakan larutan PVA/Nanokitosan dengan konsentrasi larutan 15%. Pada gambar dapat diamati struktur serat nano terjadi penghalangan ikatan silang serat nano (*uncrosslinking*) antar serat seiring bertambah banyaknya *beads*. Hal ini disebabkan karena rendahnya viskositas pada larutan PVA/Nanokitosan 15%.

Dari hasil fabrikasi serta analisis menggunakan OM dapat dievaluasi bahwa konsentrasi berhubungan dengan viskositas larutan. Semakin tinggi konsentrasi nanokitosan pada PVA maka akan semakin rendah viskositas pada larutan PVA/Nanokitosan, hal ini berkaitan dengan morfologi yang dihasilkan yaitu semakin rendah viskositas maka akan terjadi penurunan diameter serat serta akan semakin meningkatkan jumlah “beads” yang terkumpul seperti ditunjukkan Gambar 4.6.



Gambar 4.5. Foto morfologi serat PVA/Nanokitosan menggunakan OM ; (a) 0% ;(b) 2% ;(c) 5% ;(d) 10% ;(e) 15%



Gambar 4.6. Kenaikan jumlah beads

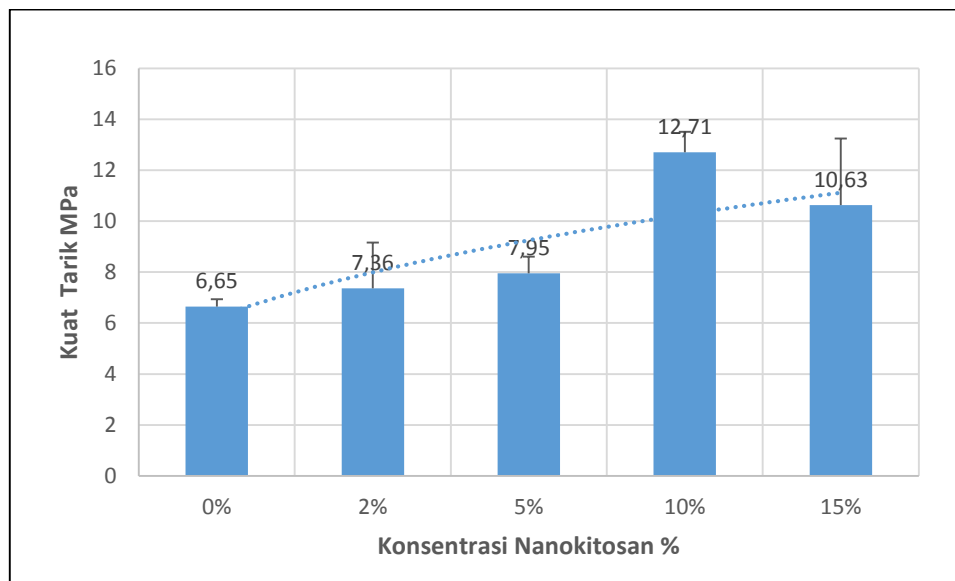
4.3. Analisis sifat mekanik

Analisis sifat mekanik dilakukan untuk mengetahui sifat kuat tarik, regangan dan modulus elastisitas membran serat nano PVA/ nanokitosan. Pada penelitian ini diseleksi tiga dari lima data yang nilainya saling mendekati. 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/Nanokitosan sebagai berikut :

4.3.1. Analisis kuat tarik

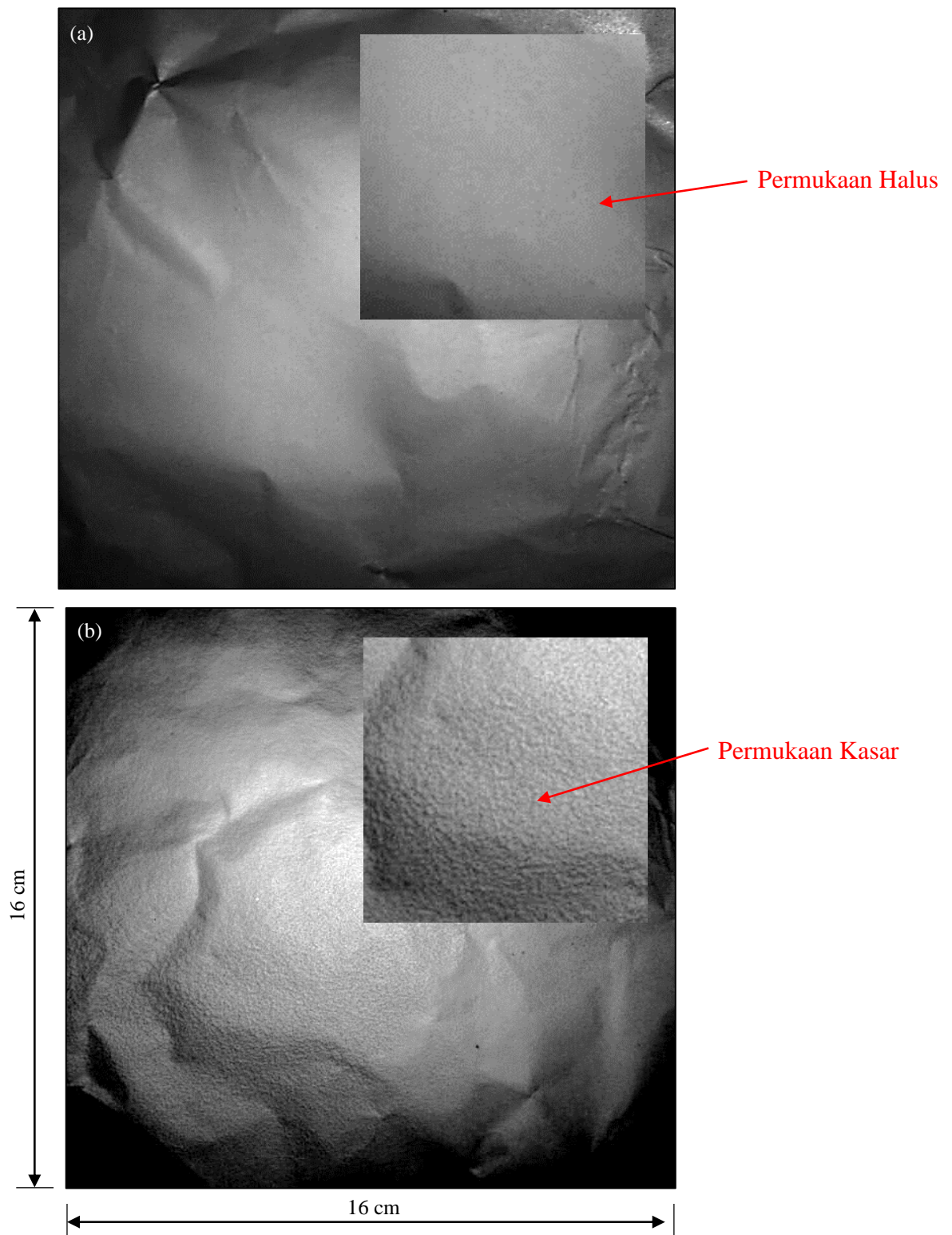
Tabel 4.1. Korelasi Kuat tarik dengan konsentrasi nanokitosan

Sampel	Kuat tarik Berdasarkan Konsentrasi Nanokitosan (Mpa)				
	0%	2%	5%	10%	15%
A	6,964	8,603	8,641	11,773	13,555
B	6,418	5,299	7,882	13,151	9,820
C	6,560	8,182	7,325	13,193	8,518
Rata-rata	6,65	7,36	7,95	12,71	10,63
Standar Deviasi	0,28	1,79	0,66	0,81	2,62



Gambar 4.7. Grafik korelasi kuat tarik terhadap konsentrasi nanokitosan

Tabel 4.1 dan Gambar 4.7 menunjukkan nilai kuat tarik rata-rata spesimen membran serat nano dengan variasi konsentrasi nanokitosan. Berdasarkan data hasil pengujian, sifat kuat tarik membran serat nano PVA/Nanokitosan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi nanokitosan, dengan nilai kuat tarik tertinggi pada konsentrasi 10% nanokitosan yaitu $12,71 \pm 0,81$ MPa. Namun, nilai kuat tarik menurun pada konsentrasi 15% nanokitosan, hal ini disebabkan karena ikatan silang antar serat (*crosslinking*) pada membran serat nano terhalang oleh banyaknya *beads* (*uncrosslinking*) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5 e, sehingga akan menurunkan kuat tarik membran serat nano. Hal lain yang menyebabkan terjadinya penurunan kuat tarik, diduga permukaan membran serat nano pada saat pembuatan terlihat tidak rata seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8b membran serat nano pada *aluminium foil* ukuran 16 cm x 16 cm, dikarenakan konsentrasi nanokitosan yang terlalu tinggi akan menurunkan viskositas larutan polimer sehingga sulit terjadi pembentukan serat nano pada saat proses *electrospinning*.

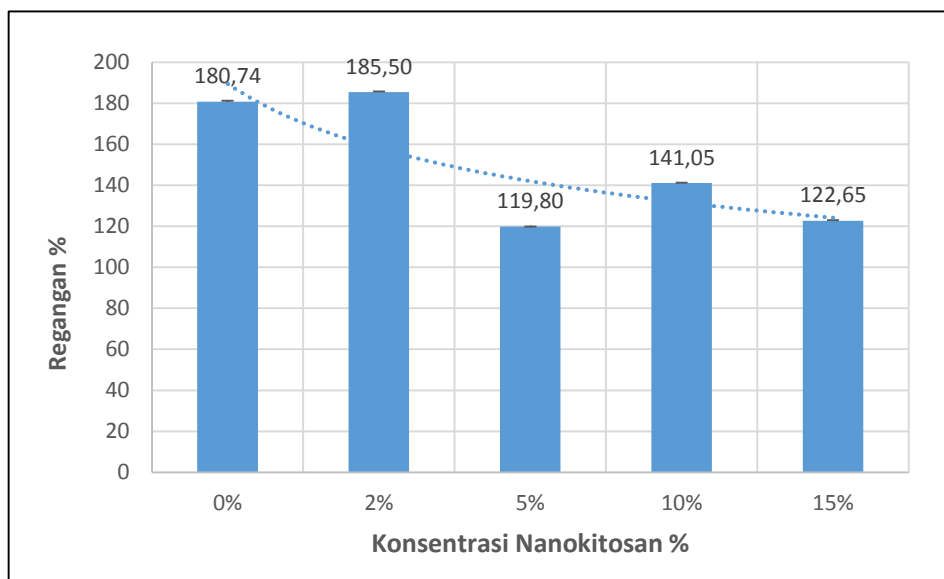


Gambar 4.8. Permukaan membran serat nano pada *aluminium foil* ukuran 16 cm x 16 cm (a) Permukaan membran serat nano konsentrasi 10 %; (b) Permukaan membran serat nano konsentrasi 15 %

4.3.2. Analisis regangan

Tabel 4.2. Korelasi regangan terhadap konsentrasi nanokitosan

Sampel	Regangan Berdasarkan Konsentrasi Nanokitosan (Mpa)				
	0%	2%	5%	10%	15%
A	236,476	197,109	128,743	154,183	86,892
B	149,369	197,367	104,856	112,468	119,298
C	156,387	162,033	125,793	156,504	161,755
Rata-rata	180,74	185,50	119,78	141,05	122,65
Standar Deviasi	0,48	0,20	0,13	0,24	0,37



Gambar 4.9. Grafik korelasi regangan terhadap konsentrasi nanokitosan

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.9 menunjukkan nilai regangan rata-rata spesimen membran serat nano dengan variasi konsentrasi nanokitosan. Nilai regangan membran serat nano PVA/Nanokitosan menurun seiring bertambahnya konsentrasi nanokitosan, hal ini membuktikan variasi konsentrasi nanokitosan berpengaruh terhadap sifat mekanik membran serat nano PVA/Nanokitosan.

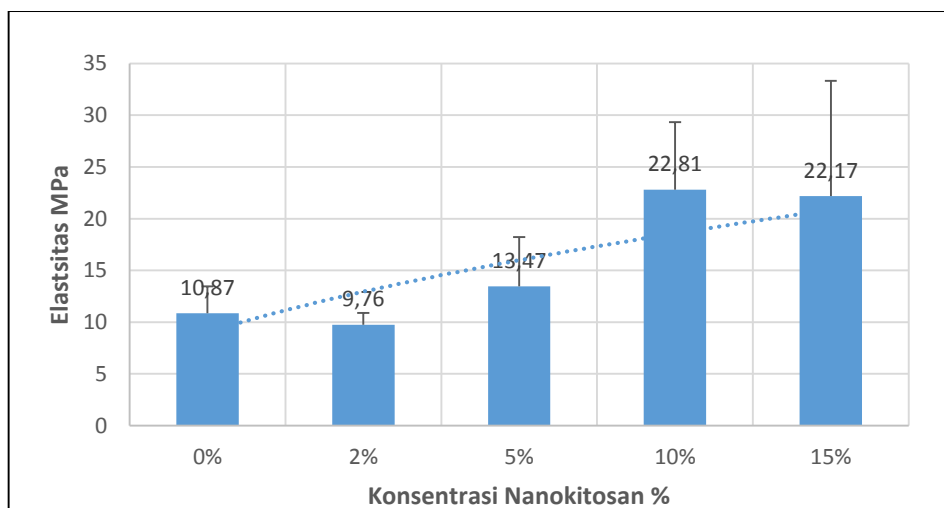
Berdasarkan meilanny *et al.* (2015) pada penelitian Jansen and Rottier (1958) standar material medis yaitu dengan nilai elongasi antara 17%-207%, sedangkan nilai kuat tarik antara 1MPa-24 MPa. Pada penelitian ini, nilai regangan dan kuat tarik termasuk dalam standar tersebut, dengan nilai regangan yaitu antara 119,8%-185,3% sedangkan nilai kuat tarik antara 6,65 MPa-12,71MPa. Hal ini

menunjukkan bahan polimer yang digunakan merupakan bahan yang layak untuk diaplikasikan sebagai pembalut luka (*wound dressing*).

4.3.3 Analisis modulus elastisitas

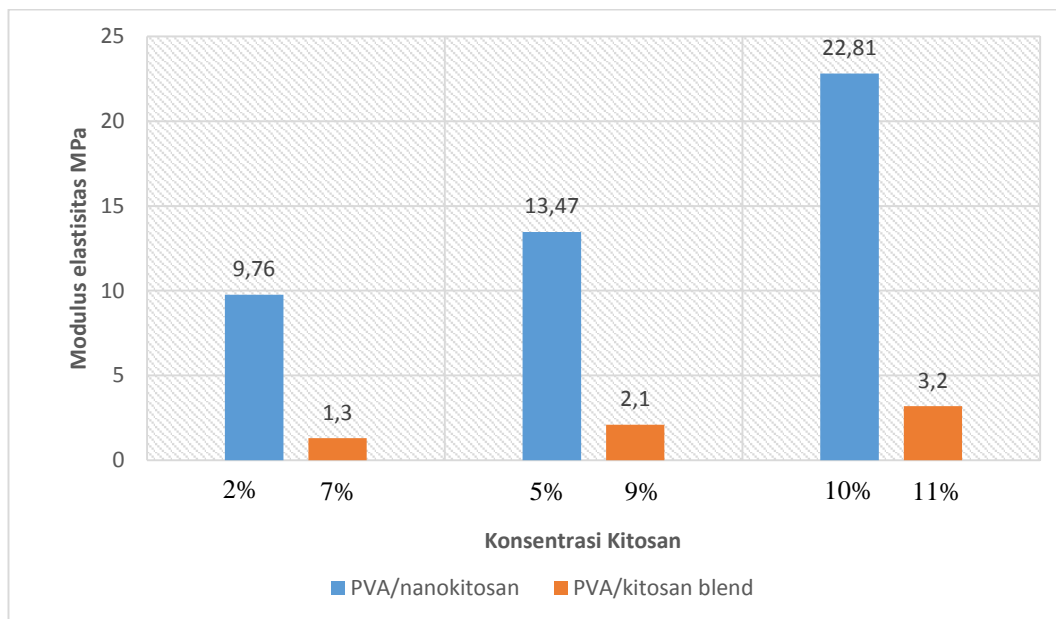
Tabel 4.3. Korelasi modulus elastisitas terhadap konsentrasi nanokitosan

Sampel	Modulus Elastisitas Berdasarkan Konsentrasi Nanokitosan (MPa)				
	0%	2%	5%	10%	15%
A	8,24	11,06	18,89	16,54	31,85
B	13,4	9,12	11,52	22,33	24,67
C	10,98	9,09	10	29,57	10
Rata-rata	10,873	9,757	13,470	22,813	22,173
Standar Deviasi	2,582	1,129	4,755	6,528	11,137



Gambar 4.10. Grafik korelasi modulus elastisitas terhadap konsentrasi nanokitosan

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.10 menunjukkan nilai modulus elastisitas rata-rata spesimen membran serat nano dengan variasi konsentrasi nanokitosan. Berdasarkan grafik dan tabel tersebut nilai modulus elastisitas pada bahan yang diberikan penambahan konsentrasi nanokitosan lebih baik dari bahan yang tidak diberikan penambahan konsentrasi nanokitosan. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya konsentrasi kitosan pada PVA maka akan meningkatkan sifat mekanik dari membran serat nano (Biazar *et al.* 2015).



Gambar 4.11. Perbandingan Modulus elastisitas membran serat nano PVA/nanokitosan dengan PVA/kitosan blend yang dilakukan oleh (Islam *et al.* 2015)

Gambar 4.11 merupakan perbandingan nilai modulus elastisitas membran serat nano PVA/Nanokitosan dengan membran serat nano PVA/kitosan blend yang dilakukan oleh (Islam *et al.* 2015). Dalam penelitiannya mengatakan nilai modulus elastisitas membran serat nano meningkat seiring meningkatnya variasi konsentrasi kitosan. Pada penelitian ini nilai modulus elastisitas berbanding lurus dengan penelitian yang dilakukan oleh (Islam *et al.* 2015), namun nilai modulus elastisitas pada penelitian ini lebih tinggi dari penelitian (Islam *et al.* 2015). Hal ini dikarenakan perbedaan penggunaan material polimer kitosan blend (*microparticle*) dan nanokitosan (*nanoparticle*) berpengaruh terhadap struktur serta sifat kuat tarik membran serat nano.