

“Pengaruh Konsentrasi Nanokitosan Terhadap Sifat Tarik Membran Serat Nano Polivinil Alkohol (PVA)/ Nanokitosan”

“The Influence of Nanochitosan Concentration for Tensile Properties Nanofiber Membrane Polivynil Alcohol (PVA)/Nanochitosan”

Robaitullah

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia, 55183
^aRobaitullahobe@gmail.com

(Manuscript Received Month XX, 20XX; Revised Month XX, 20XX; Accepted Month XX, 20XX)

Abstrak

Kitosan dan polivinil alkohol (PVA) merupakan salah satu bahan polimer yang banyak diteliti dan dikembangkan untuk diaplikasikan dalam bidang medis salah satunya pembalut luka berbasis serat nano (*nanofiber wound dressing*), karena memiliki sifat kompatibel dengan jaringan tubuh (*biocompatible*), terurai secara alami (*biodegradable*), dan tidak beracun (*non-toxic*). Penelitian ini bertujuan untuk membuat membran serat nano dengan bahan polimer konduktif yaitu PVA dan emulsi nanokitosan menggunakan teknik pemintalan elektrik (*electrospinning*). Metode yang dilakukan adalah dengan mencampur PVA dengan aquades pada kadar 10% (w/w), kemudian larutan tersebut dipadukan dengan berbagai variasi konsentrasi emulsi nanokitosan yaitu (0%, 2%, 5%, 10% dan 15%)(w/w). Selanjutnya larutan PVA/Nanokitosan dengan berbagai variasi konsentrasi dimasukkan kedalam pipa pengumpulan (*syringe*) yang diberi tegangan tinggi *direct current* (*DC high voltage*) dan diarahkan pada plat *collector* yang berfungsi sebagai pengumpul serat. Diameter jarum *syringe* (*spinnerate*), tegangan dan jarak antara ujung jarum ke *collector* (*tip to collector distance=TCD*) dibuat konstan yaitu (diameter *spinnerate* 0,7 atau G22; TCD =15 cm; tegangan= 15kV). Karakterisasi sifat fisis membran serat nano dilakukan menggunakan *optical microscope* (OM) sedangkan sifat mekanis (uji tarik) diuji menggunakan mesin uji tarik *universal testing machine* (Zwick 0,5 jerman, ASTM D 638 type V). Hasil analisis membran serat nano menggunakan *optical microscope* (OM) menunjukkan peningkatan jumlah bintik serat (*beads*) pada serat meningkat seiring bertambahnya konsentrasi nanokitosan pada PVA. Sementara, seiring bertambahnya *beads* pada serat nano mempengaruhi sifat mekanis membran serat nano. Penambahan konsentrasi nanokitosan yang tinggi akan menghasilkan ikatan jaringan yang kurang baik (*uncrosslinking*) ditandai dengan ikatan jaringan serat (*crosslinking*) yang terhalang oleh *beads*. Dari hasil analisis pengujian tarik, nilai tertinggi dan terendah kuat tarik antara 6,65-12,71 MPa , regangan antara 119,78-185,50 % dan modulus elastisitas antara 9,76- 22,81 MPa. Dengan demikian, membran nanofiber PVA/nanokitosan termasuk dalam standar material medis yaitu nilai kuat tarik antara 1MPa-24 MPa dan regangan antara 17%-207%, sehingga membran nanofiber PVA/Nanokitosan berpotensi untuk digunakan sebagai aplikasi pembalut luka (*wound dressing*).

Kata kunci : PVA; Nanokitosan; *Electrospinning*; Serat nano.

1. Pendahuluan

Nanoteknologi adalah ilmu pengetahuan dan teknologi yang mengontrol zat, material dan sistem pada skala nanometer, sehingga menghasilkan fungsi baru. Perkembangan nanoteknologi akhir-akhir ini mengalami perkembangan sangat pesat dan mencakup aplikasi berbagai bidang diantaranya medis, pertanian, pangan, elektronik, tekstil dan biomaterial. Perkembangan nanoteknologi di Indonesia saat ini cukup masif dan terus diteliti oleh peneliti pemerintah maupun peneliti akademis dan sudah menembus pada bidang industri seperti nanofiltrasi dan pembuatan pakaian serat acak (*nonwoven*). Pada dasarnya, material berukuran nano dapat meningkatkan sifat fisik, mekanik dan kimia secara signifikan, karena material berukuran nano memiliki luas permukaan persatuan volum tinggi dari pada material yang memiliki ukuran lebih besar (*bulk material*). Salah satu ilmu nanoteknologi yang sedang dikembangkan adalah serat nano (*nanofiber*) (Bahmid *et al.* 2014).

Dalam dunia industri serat nano didefinisikan sebagai serat yang memiliki ukuran diameter 100-500 nm (Wahyudi and Sugiyana, 2011). Selain

ukuran diameter serat nano yang sangat kecil, membran serat nano memiliki ukuran pori antara 1-500 nm bermanfaat sebagai penghalang bakteri, sehingga dapat diaplikasikan salah satunya sebagai membran pembalut luka (*wound dressing*) (Abdelhady *et al.* 2015). Membran pembalut luka berfungsi menutupi luka, menghentikan peredaran darah menyerap cairan yang keluar dari luka/nanah, mengurangi rasa sakit dan menyediakan perlindungan untuk membantu pembentukan jaringan baru (Mutia, 2014). Persyaratan utama untuk polimer biomedis antara lain harus bersifat tidak beracun (*nontoxic*), tidak menyebabkan alergi, mudah disterilkan, awet (*durability*) dan kompatibel dengan jaringan tubuh (*biocompatibility*) (Ayu, 2013).

Kitosan merupakan salah satu jenis polimer *biomaterial* yang telah dikembangkan dalam pembuatan serat nano, karena kitosan memiliki sifat, anti bakteri, kompatibel dengan jaringan tubuh (*biocompatible*), tidak beracun (*nontoxic*), dan terdegradasi secara alami (*biodegradable*) (Judawisatra *et al.* 2012). Namun pembuatan serat nano dengan menggunakan kitosan murni sangat

sulit karena kitosan memiliki sifat kelarutan rendah sehingga perlu penambahan polimer proporsional dalam pembuatan serat nano kitosan. Polivinilalkohol (PVA) adalah salah satu bahan yang sering digunakan dalam pembuatan serat nano, karena PVA memiliki sifat yang serupa terhadap kitosan seperti tidak beracun, larut dalam air, bersifat *biodegradability*, dan juga mempunyai sifat *biocompatible*. PVA biasanya juga digunakan sebagai matriks bagi polimer lain untuk meningkatkan sifat mekanis membran (Meilanny *et al.* 2015).

Membran serat nano dapat difabrikasi dengan berbagai metode seperti teknik pemintalan serat multi komponen, *melt blowing* dan *electrospinning* (Wahyudi dan Sugiyana 2011). Akan tetapi metode yang paling efektif adalah metode *electrospinning* (Huang *et al.* 2003). *Electrospinning* atau pemintalan elektrik adalah alat yang digunakan untuk membuat serat nano dengan prinsip perbedaan potensial tegangan tinggi *direct current (DC)*. Beberapa faktor penting yang mempengaruhi pembuatan serat nano dengan metode *electrospinning* dibagi menjadi tiga kategori yaitu pertama, karakteristik larutan (termasuk viskositas larutan atau kerapatan muatan larutan, tegangan permukaan, berat molekul polimer, momen dipol dan konstanta dielektrik). Kedua, kontrol variabel (tegangan, jarak *spinnerate* ke *collector* (pengumpul serat), laju alir dan diameter *spineret*). Ketiga, faktor lingkungan (suhu kelembaban dan kecepatan udara) (Herdiawan *et al.* 2013).

Penelitian pembuatan serat nano berbahan dasar PVA dan kitosan telah banyak dilaporkan (Jia *et al.* 2007, Paipitak *et al.* 2011, Judawisastra, 2012, Atif *et al.* 2015, Biazar *et al.* 2015). Namun informasi penelitian tentang pembuatan serat nano berbahan dasar PVA/Nanokitosan masih sulit ditemukan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pembuatan serat nano berbahan dasar PVA/Nanokitosan dengan pengaruh variasi konsentrasi terhadap sifat mekanis membran serat nano, sehingga hasil penelitian ini dapat melengkapi serta dapat dijadikan referensi untuk penelitian berikutnya.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan membran serat nano PVA/nanokitosan dengan melalui dua tahap. Tahap pertama adalah pembuatan larutan PVA dengan beberapa variasi konsentrasi emulsi nanokitosan. Tahap kedua adalah optimasi kondisi proses *electrospinning* dan pembuatan membran serat nano PVA/nanokitosan dengan metode *electrospinning*. Selanjutnya produk PVA/nanokitosan dalam bentuk membran serat nano diuji tarik untuk mengetahui sifat mekanis membran. Selain itu, morfologi membran serat nano dianalisis menggunakan *optical microscope (OM)*.

2. Metodologi

2.1 Bahan dan peralatan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah polivinil alkohol (PVA) gohsenol (multi kimia, Yogyakarta), emulsi nanokitosan (Erdawati and Tri Suharto, 2011), dan aquadest. Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *electrospinning*. Penelitian ini dilakukan di laboratorium nanomaterial Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

2.2. Pembuatan larutan PVA/Nanokitosan

Pembuatan larutan PVA gohsenol dan nanokitosan, diawali dengan membuat larutan PVA yaitu menimbang 10 gram PVA gohsenol yang dimasukan kedalam 90 gram Aquades dan dipanaskan pada suhu 80°C disertai pengadukan menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 300 rpm hingga larutan homogen. Setelah 1 jam larutan didiamkan selama 4 jam sehingga suhu larutan sama dengan suhu ruangan. Selanjutnya, nanokitosan yang digunakan dalam penelitian ini adalah emulsi nanokitosan seperti pada Gambar 1. Selanjutnya nanokitosan diambil menggunakan mikropipet dari mikrokitosan.



Gambar 1. Emulsi Nanokitosan

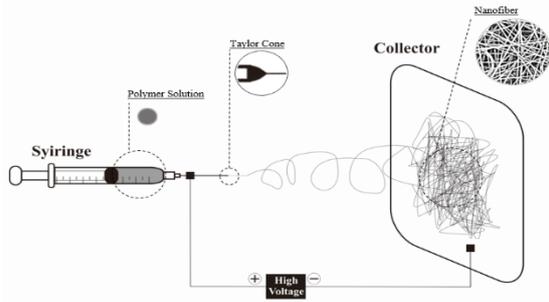
Selanjutnya larutan emulsi nanokitosan dipadukan dengan larutan PVA 10 % (w/w) dengan perbandingan konsentrasi sebagai berikut:

Tabel 1. Perbandingan konsentrasi larutan PVA/Nanokitosan.

No	Konsentrasi Larutan	Perbandingan (w/w)
1	PVA/Nanokitosan 0% (w/w)	10:0
2	PVA/Nanokitosan 2% (w/w)	9,8:0,2
3	PVA/Nanokitosan 5% (w/w)	9,5:0,5
4	PVA/Nanokitosan 10% (w/w)	9:1
5	PVA/Nanokitosan 15% (w/w)	8,5:1,5

2.3. Pembuatan serat nano

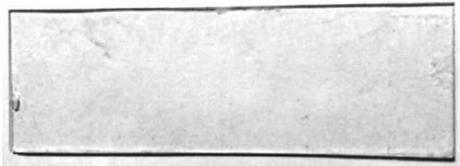
Pembuatan membran serat nano PVA/Nanokitosan dilakukan menggunakan metode *electrospinning* seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Pembuatan membran serat nano diawali dengan mempersiapkan konsentrasi larutan PVA/Nanokitosan dengan beberapa konsentrasi diantaranya 0%, 2%, 5%, 10% dan 15%. Untuk parameter yang digunakan dalam pembuatan serat nano PVA/Nanokitosan dibuat konstan antaralain, tegangan 15 kv, jarak antara tip ke kolektor 15 cm, laju alir larutan elektrospinning 0,025 mm/min dan diameter spinneret 0,7mm (G22) Pembuatan sampel pada tahap ini terdapat dua sampel pengujian diantaranya sampel optik dan sampel uji tarik, terkait waktu pembuatan masing-masing 20 detik dan 3 jam per-spesimen. Proses *electrospinning* menggunakan alat hasil rekayasa di laboratorium nanomaterial teknik mesin (UMY).



Gambar 2. Skema *Electrospinning*

2.4. Preparasi sampel optik

Optical microscope (OM) digunakan untuk menganalisa morfologi permukaan dan ketebalan sampel uji. Sampel uji yang dianalisis menggunakan OM diletakkan diatas preparat kaca seperti pada Gambar 3, dibuat menggunakan *electrospinning* dengan waktu 30 detik.



Gambar 3. Sampel *optical microscope*.

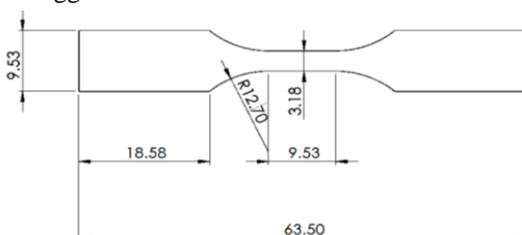
2.5. Preparasi sampel uji mekanik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui pengaruh struktur serat nano terhadap kuat tarik membran. Mesin yang digunakan adalah mesin uji tarik yang ada di Laboratorium Teknik Pertanian Universitas Gadjah Mada. Adapun spesifikasi mesin tersebut sebagai berikut :

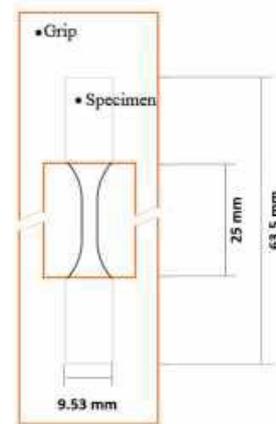
Tabel 2. Spesifikasi mesin uji tarik

Merk	: Zwick
Seri	: 0,5
Asal	: German
Load cell	: 50 kg
Speed testing	: 10 mm/menit

Langkah awal yang dilakukan adalah pembuatan spesimen uji tarik dari bentuk membran serat nano hasil dari proses *electrospinning* menjadi bentuk spesimen standard ASTM D 638 tipe V seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Spesimen uji tarik diberikan grip seperti Gambar 5 sebagai pemegang spesimen untuk memudahkan pengujian. Sebelum di uji tarik spesimen diukur ketebalannya menggunakan OM.



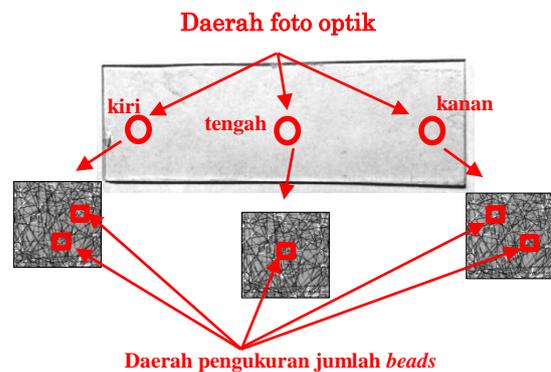
Gambar 4. ASTM D 638 type V



Gambar 5. Grip spesimen uji tarik

2.6. Analisis morfologi membran

Analisis morfologi membran serat nano dilakukan dengan menghitung bintang serat (*beads*) pada sampel optik. Perhitungan yang dilakukan yaitu dengan mengambil lima dari tiga bagian foto optik yaitu foto samping kiri, foto tengah dan foto samping kanan seperti digambarkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Sampel *optical microscope*.

2.7. Analisis sifat mekanik

Sifat mekanik membran serat nano PVA/Nanokitosan dianalisis menggunakan beberapa persamaan diantaranya :

- Tegangan
 $\sigma = F/A$(i)
 σ = Tegangan
 F = Gaya maksimum
 A = Luas penampang membran serat nano
- Regangan
 $\epsilon = \Delta L/L$(ii)
 ϵ = Regangan
 ΔL = Selisih panjang
 L = Panjang awal
- Modulus Elastisitas
 $E = \Delta\sigma/\Delta\epsilon$(iii)
 Dengan :
 E = Modulus elastisitas
 $\Delta\sigma$ = Selisih tegangan pada batas elastis
 $\Delta\epsilon$ = Selisih regangan pada batas elastis

3. Pembahasan

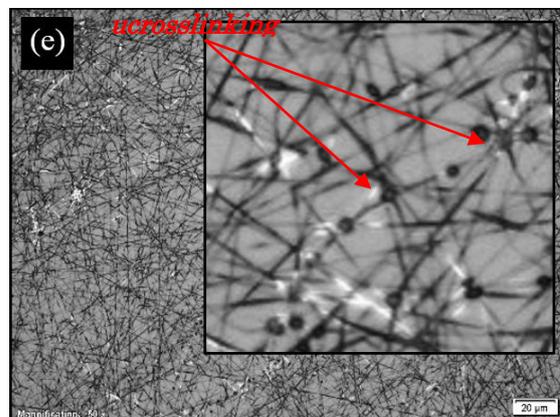
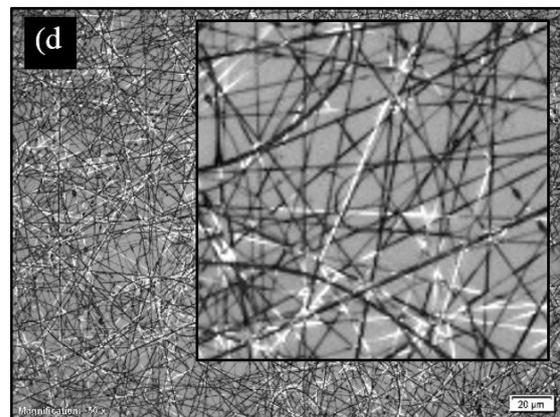
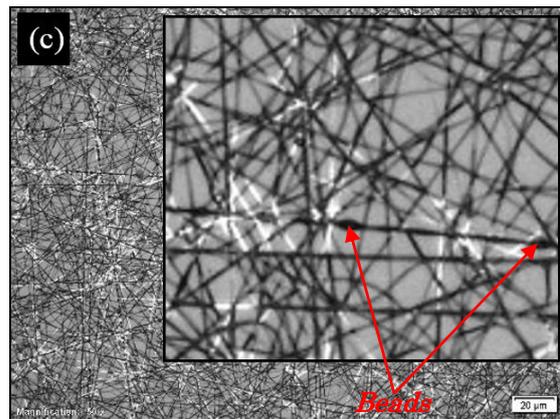
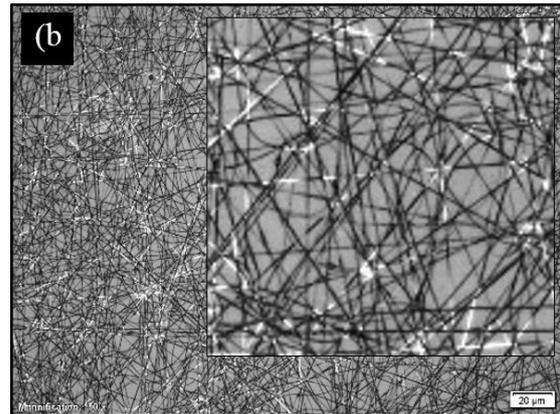
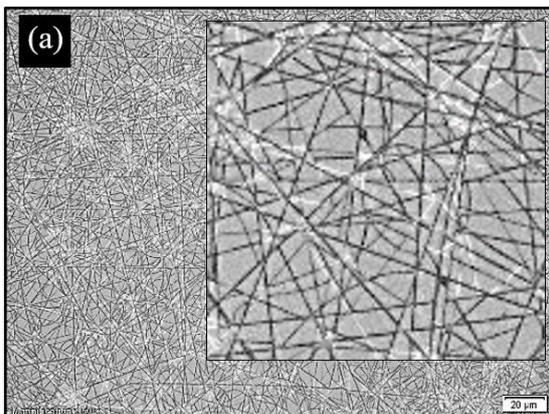
3.1. Morfologi membran serat nano

Serat nano PVA/Nanokitosan dibuat dengan varisasi konsentrasi nanokitosan yaitu 0%, 2%, 5%, 10%, dan 15%. Morfologi permukaan membran serat nano dianalisis menggunakan *optical microscope*, ditunjukkan pada Gambar 7. Pada Gambar 7a adalah gambar serat nano PVA/nanokitosan dengan konsentrasi 0% (PVA murni). Dari gambar tersebut dapat diamati bahwa serat yang dihasilkan merupakan serat yang kontinu, terdapat sedikit butiran serat (*beads*) namun tidak terlalu berpengaruh terhadap keseragaman serat. Hal tersebut menyatakan bahwa serat yang dibuat menggunakan PVA murni dengan parameter tegangan 15 kV, diameter *spinnerate* 0,7mm, dan jarak antara ujung tip/jarum ke *collector* 15 cm dapat menghasilkan serat yang cukup baik.

Gambar 7b dan 7c 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 kontinu dan seragam, namun terdapat sedikit perubahan peningkatan jumlah *beads* pada Gb 7c seiring dengan bertambahnya konsentrasi larutan nanokitosan. Hal ini disebabkan karena terjadi penurunan viskositas pada konsentrasi 5% (Wahyudi and Sugiyana 2011).

Gambar 7d 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.

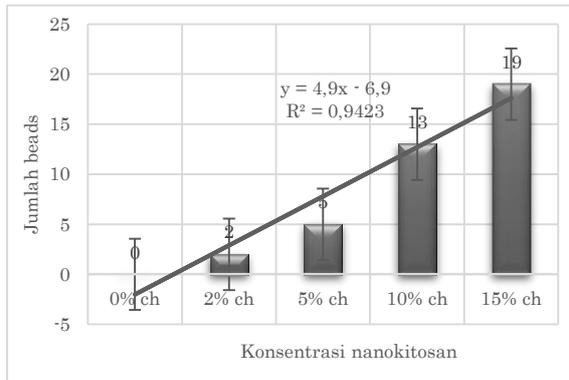
Gambar 7e menunjukkan serat nano yang difabrikasi menggunakan larutan PVA/Nanokitosan dengan konsentrasi larutan 15%. Pada gambar dapat diamati struktur serat nano terjadi penghalangan ikatan silang serat nano (*uncrosslinking*) antar serat seiring bertambah banyaknya *beads*. Hal ini disebabkan karena rendahnya viskositas pada larutan PVA/Nanokitosan 15%.



Gambar 7. Membran serat nano PVA/Nanokitosan a).

0% ; b). 2%; c). 5%; d). 10%; e). 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 Gb 8.

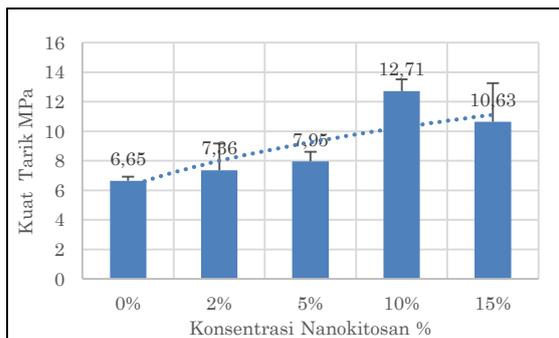


Gambar 8. Kenaikan jumlah beads.

3.2. Analisis uji 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 $\sigma = \frac{F}{A}$, regangan $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$ dan modulus elastisitas $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$. Adapun pembahasan analisis sifat mekanik membran serat nano PVA/Nanokitosan sebagai berikut :

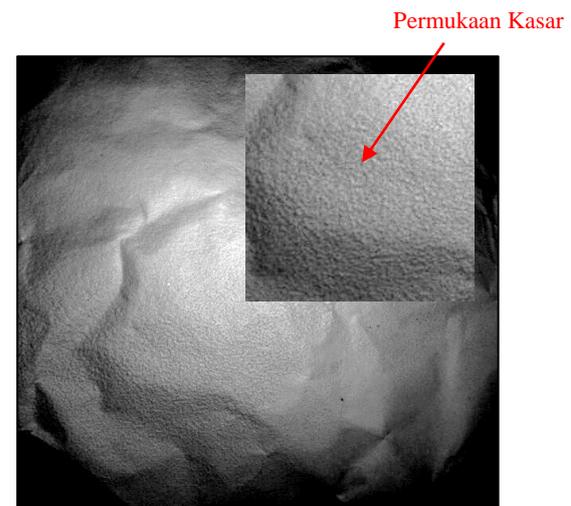
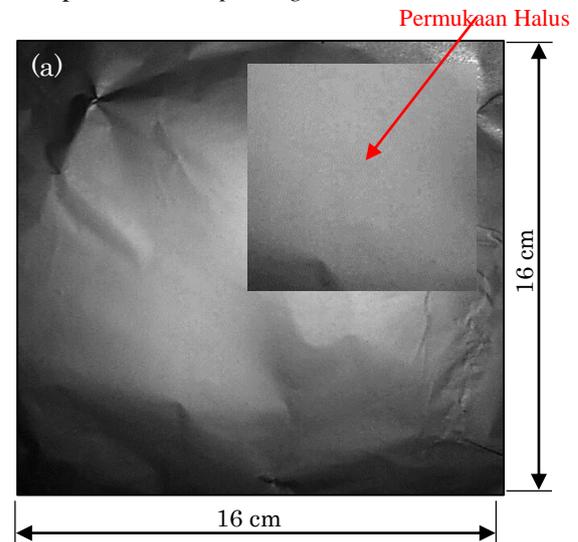
3.2.1. Analisis kuat tarik



Gambar 9. Korelasi kuat tarik membran serat nano dan konsentrasi PVA/Nanokitosan

Gambar 9 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 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 7e, 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 10 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*.



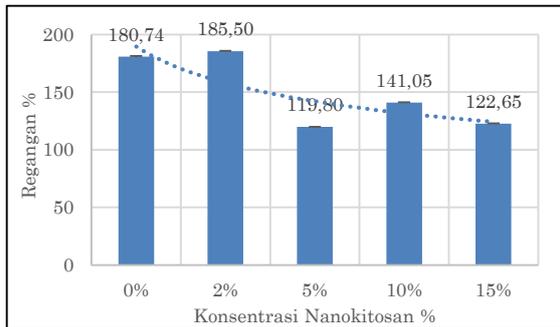
Gambar 10. Permukaan membran serat nano pada *aluminium foil* ukuran 16 cm x 16 cm (a) Permukaan membran serat nano konsentrasi 10%; (b) Permukaan membran serat nano konsentrasi 15 %

3.2.2. Analisis regangan

Berdasarkan Gambar 11 menunjukkan 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.

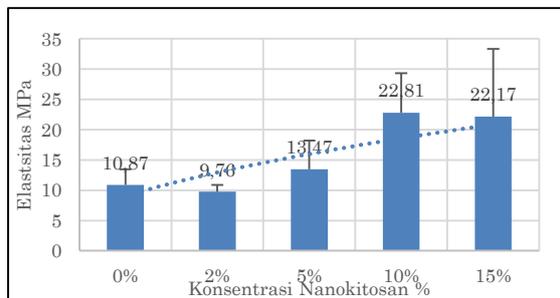
Berdasarkan meilanny *et al.* (2015) pada penelitian Jansen and Rottier (1958) standar material medis yaitu dengan nilai elongasi antara 17%-207%, sedangkan nilai kuat tarik antara 1MPa-24 MPa. Pada penelitian ini, nilai regangan dan kuat tarik termasuk dalam standar tersebut, dengan nilai regangan yaitu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



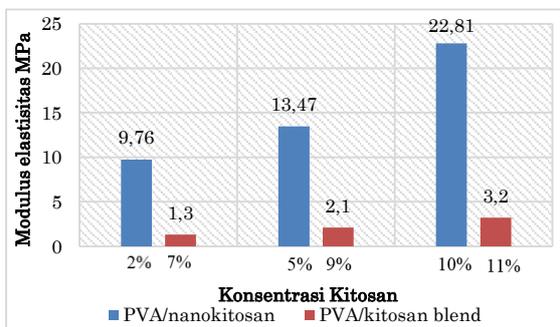
Gambar 11. Grafik regangan membran serat nano PVA/Nanokitosan

3.2.3. Analisis modulus elastisitas



Gambar 12. Korelasi Modulus Elastisitas membran serat nano dan konsentrasi PVA/Nanokitosan

Berdasarkan 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 13. Perbandingan Modulus elastisitas membran serat nano PVA/nanokitosan dengan PVA/kitosan blend yang dilakukan oleh (Islam *et al.* 2015)

Gambar 13 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.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dilakukan pembuatan membran serat nano PVA/Nanokitosan dengan metode *electrospinning*.
2. Proses *electrospinning* menggunakan larutan polimer PVA 10% wt dikombinasikan dengan variasi konsentrasi nanokitosan 0%, 2%, 5%, 10% dan 15% wt menghasilkan struktur serat nano yang berbeda-beda. Pada konsentrasi 0% (PVA) murni menghasilkan serat yang seragam dan kontinyu. Sedangkan penambahan konsentrasi nanokitosan yang meningkat yaitu 2%-15% wt menurunkan ukuran diameter dan meningkatkan jumlah *beads* pada serat nano.
3. Sifat tarik membran serat nano PVA yang dikombinasikan dengan variasi konsentrasi nanokitosan memiliki sifat tarik yang lebih tinggi dibandingkan tanpa penambahan konsentrasi nanokitosan.
4. Membran serat nano berbahan dasar PVA/nanokitosan dengan konsentrasi PVA 10% wt dan nanokitosan 0%, 2%, 5%, 10% dan 15% wt berpotensi untuk diaplikasikan sebagai pembalut luka (*wound dressing*) karena memiliki sifat yang termasuk dalam standar material medis yaitu nilai kuat tarik antara 6,65 MPa-12,71MPa sedangkan nilai regangan antara 119,8%-185,3%.

Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Kunto Wandono atas bantuannya dalam memodifikasi mesin *electrospinning*. Dan juga bapak Relu Himarosa atas bantuan dalam pengamatan menggunakan mikroskop optik.

Daftar Pustaka

- Abdelhady, S., Khaled M.H., and Mallesh, K. 2015. "Electro Spun-Nanofibrous Mats: A Modern Wound Dressing Matrix with a Potential of Drug Delivery and Therapeutics". Journal of Engineered Fibers and Fabrics, King Abdullah University, Saudi Arabia. 10: 179-93.
- Bahmid, N.A., Khaswar, S., and Akhirudin, M. 2014. "Pengaruh Ukuran Serat Selulosa Asetat Dan Penambahan Dietilen Glikol (Deg) Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Bioplastik." Jurnal Institut Pertanian Bogor. 24: 226-34.
- Biazar, E. 2015. "Design of Electrospun Poly Vinyl Alcohol / Chitosan Scaffold and Its Cellular Study". Journal of Paramedical Sciences



- (JPS), Islamic Azad University, Tonekabon, Iran. 6: 46–51.
- Deniz, A.E., 2011. “*Nanofibrous Nanocomposites via Electrospinning*”. *Thesis*, Bilkent University, Turki.
- Dessy, K. 2016. “Pembuatan dan Karakterisasi Nanopartikel Ekstrak Etanol Temu Kunci (*Boesenbergia Pandurata*) Pada berbagai Variasi Komposisi Kitosan”. *Skripsi*, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Fong, H., Chun, I., and Reneker, D.H. 1999. “*Beaded Nanofibers Formed during Electrospinning*”. *Journal of Polymer Science*, The University of Akron. 40: 4585–92.
- Herdianawan, H., Juliandri., and Nasir, M. 2013. “Pembuatan dan Karakterisasi Co-PVDF Nanofiber Komposit Menggunakan Elektrosponing”. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir PTNBR-BATAN Bandung*. 110–16.
- Huang, Z.M., Zhang Y., Kotaki, M., and Ramakrishna, S. 2003. “*A Review on Polymer Nanofibers by Electrospinning and Their Applications in Nanocomposites*”. *Journal of Composites Science and Technology*, Tongji University, China . 63: 2223–53.
- Islam, A. 2015. “*In-Situ Crosslinked Nanofiber Mats of Chitosan/poly(vinyl Alcohol) Blend: Fabrication, Characterization and MTT Assay with Cancerous Bone Cells*”. *Journal of Fibers and Polymers*, University of the Punjab, Lahore 54590, Pakistan. 16: 1853–60.
- Judawisastra, H. 2012. “Pembuatan Serat Nano Kitosan Tanpa *Beads* Melalui Penambahan PVA Dan HDA”. *Jurnal Teknik Mesin dan Dirgantara*, Institut Teknologi Bandung. 63–70.
- Maiti, J. 2012. “*Where Do Poly(vinyl Alcohol) Based Membranes Stand in Relation to Nafion for Direct Methanol Fuel Cell Applications?*”. *Journal of Power Sources Yonsei University*, South Korea. 216: 48–66.
- Maurits, J.S. 2008. “*Studi Film Polivinil Alkohol (PVA) dimodifikasi dengan acrylamide (Aam) Sebagai Material Sensitif Terhadap Kelembaban*”. *Thesis*, Universitas Indonesia.
- Meilanny, D.K.P., Pranjono, B.E., Dyah H. 2015. “*Metode Elektrosponing untuk Mensintesis Komposit Berbasis Alginat-Polivinil Alkohol Dengan Penambahan Lendir Bekicot*”. *Jurnal electrospinning Universitas Airlangga*. 65–71.
- Muhaimin, M., Wijayanti D.A., Sosiati, H., dan Triyana, K. 2014. “*Fabrikasi Nanofiber Komposit Nanoselulosa / PVA Dengan Metode Electrospinning*”. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY*, Yogyakarta.