

PREPARASI DAN KARAKTERISASI MEMBRAN SERAT NANO POLIVINIL ALKOHOL/GELATIN DENGAN ANTIBIOTIKA TOPIKAL MENGGUNAKAN METODE *ELECTROSPINNING*

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLYVINYL ALCOHOL/GELATIN NANOFIBROUS MEMBRANES WITH TOPICAL ANTIBIOTICS BY *ELECTROSPINNING* METHOD

Theresia Mutia, Eva Novarini, RR. Srie Gustiani

Balai Besar Tekstil, Jalan Jenderal Ahmad Yani No. 390 Bandung 40272

Telp. (022) 7206214, 7206215, Fax. (022) 7271288

E-mail: bbt@kemenperin.go.id

Tanggal diterima: 8 Januari 2020, direvisi: 14 Desember 2020, disetujui terbit: 16 Desember 2020

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan proses *electrospinning* membran serat nano dari polivinil alkohol (PVA) dan gelatin dengan penambahan antibiotika topikal (Bacitracin dan Neomycin). Membran serat nano ini berpotensi untuk dijadikan sebagai produk pembalut luka atau media penghantar obat. Membran serat nano paling optimum diperoleh pada konsentrasi larutan PVA 10% (w/w) dan gelatin 5% (w/w) dengan rasio komposisi berat 70/30. Kondisi ini menghasilkan serat nano dengan ukuran ≤ 300 nm dan keseragaman serat yang cukup baik berdasarkan analisis morfologi menggunakan SEM. Penambahan antibiotika topikal dilakukan pada kondisi pembuatan membran serat nano paling optimum. Berdasarkan hasil analisis gugus fungsi menggunakan FTIR, pada grafik terlihat gabungan antara spektra PVA, gelatin, dan antibiotika topikal. Hal ini menandakan adanya interaksi antara molekul PVA, gelatin, dengan antibiotika topikal.

Kata kunci: *electrospinning*, serat nano, PVA, gelatin, antibiotika topikal

ABSTRACT

Nanofibrous membrane of PVA and gelatin with the addition of topical antibiotics (Bacitracin and Neomycin) were fabricated in this research by electrospinning process. The nanofibrous membrane has the potential to be used for wound dressing products or drug delivery media. The most optimum nanofibrous membrane was obtained from solutions of 10% PVA (w/w) and 5% gelatin (w/w) using weight composition ratio 70/30. This condition produced nanofibers with a size of ≤ 300 nm and a fairly good uniformities of fibers based on morphological analysis using SEM. The addition of topical antibiotics is carried out at the optimum condition of nanofibrous membrane fabrication. Based on the functional groups analysis using FTIR, the graphic showed a combination of PVA, gelatin, and topical antibiotics spectras. This condition suggests that interaction between PVA, gelatin, and topical antibiotics molecules has indeed occurred.

Keywords: *electrospinning, nanofiber, PVA, gelatin, topical antibiotics*

PENDAHULUAN

Teknologi *electrospinning* pada dasarnya telah berkembang sejak lama. Paten pertama mengenai teknologi ini diperoleh oleh Formhals dkk pada tahun 1934 untuk alat pembuat filamen buatan dari material selulosa asetat.¹ Prinsip kerja proses *electrospinning* adalah mengaliri cairan polimer (dalam bentuk larutan atau lelehan) dengan medan listrik bertegangan tinggi hingga menghasilkan untaian jet yang keluar secara kontinyu dari nosel menuju *grounded* kolektor yang memiliki muatan listrik berlawanan.² Keluaran dari proses ini adalah serat polimer dengan ukuran diameter dalam kisaran sub mikron.³

Membran serat nano hasil proses *electrospinning* memiliki sifat unik, seperti rasio area permukaan per unit massa yang besar, porositas, dan permeabilitas gas yang tinggi serta performa mekanik yang sangat baik. Sifat-sifat ini sangat berguna untuk berbagai aplikasi, seperti filtrasi (udara dan cairan), sensor kimia dan optik, media penyimpanan hidrogen, bagian komponen pada sel bahan bakar, rekayasa jaringan, serta bahan baku biomedis.^{3,4,5} Meski hampir sebagian besar riset masih menggunakan polimer sintetik untuk bahan baku *electrospinning* serat nano, namun kini penggunaan polimer alam (biomaterial) mulai mendapatkan banyak perhatian. Sebagai contoh

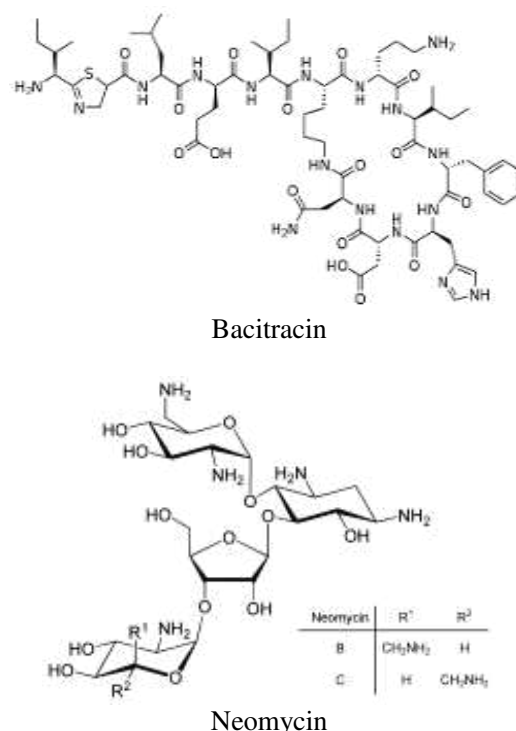
adalah penggunaan kolagen, DNA, alginat, kitosan, fibrinogen, asam hialuronat, gelatin, serta polisakarida kompleks, dan protein lainnya dari bakteri maupun tanaman.^{3,6}

Gelatin adalah polimer alam yang peredarannya telah mendapatkan persetujuan dari FDA (*Food and Drug Administration*). Gelatin merupakan kolagen yang terhidrolisis secara parsial dan memiliki sifat biodegradabel, non toksik, biokompatibel, murah dan mudah didapatkan, sehingga lingkup penggunaannya pun sangat luas terutama pada industri makanan dan medis.⁷ Riset-riset mengenai *electrospinning* gelatin serta aplikasinya dalam bidang medis, di antaranya adalah komposit PCL (policaprolakton)/gelatin untuk aplikasi pada perancah rekayasa jaringan,^{8,9,10,11} serat nano gelatin untuk media penghantar obat (*drug delivery*)^{7,12,13} dan membantu proliferasi serta migrasi sel otot dan endotel,¹⁴ *electrospinning* gelatin/glisierol yang diikatsilangkan dengan uap glutaraldehid untuk aplikasi rekayasa jaringan dan pembalut luka,¹⁵ komposit gelatin/ZnO nanopartikel dengan antibiotik Cefazolin untuk perawatan luka pasca operasi,¹⁶ serta serat nano PLGA (*Poly (lactic-co-glycolic acid)*)/gelatin untuk perancah rekayasa jaringan pada tulang^{17,18} dan media penghantar obat.¹⁹

Berdasarkan berbagai riset mengenai pembuatan serat nano gelatin menggunakan teknologi *electrospinning*, diketahui bahwa peningkatan konsentrasi gelatin akan menaikkan nilai konduktivitas listriknya, namun berbanding terbalik dengan menurunnya tegangan permukaan seiring meningkatnya konsentrasi gelatin pada larutan pintal. Karakteristik viskositas larutan mengindikasikan kualitas *spinnability*, ukuran, dan morfologi dari struktur membran serat nano. Voltase tegangan listrik dan laju alir larutan (*feed rate*) yang digunakan akan berpengaruh pula pada pembentukan *beads*, homogenitas, dan diameter seratnya.^{6,20,21}

Dari penelitian terdahulu, diketahui bahwa komposit berskala nano yang terbuat dari campuran alginat dan gelatin telah lolos uji preklinis dan dapat digunakan sebagai pembalut luka serta media penyampaian obat topikal. Produk tersebut diketahui dapat mempercepat penyembuhan luka dan tidak menyebabkan iritasi.^{22,23,24} Pada penelitian lanjutan ini, dilakukan pembuatan komposit PVA (polivinil alkohol)/gelatin berupa membran atau *webs* (lapisan jaringan tipis) melalui proses *electrospinning* dengan penambahan antibiotika topikal Bacitracin dan Neomycin. Variasi percobaan dilakukan pada konsentrasi gelatin dan polivinil alkohol dengan parameter tetap pada jarak antara ujung nosel larutan (tip) dengan *grounded* kolektor, laju alir larutan, dan voltase tegangan listrik yang digunakan.

Polivinil alkohol digunakan untuk mengatasi keterbatasan dalam aplikasi polimer alam pada proses *electrospinning*. Polimer alam seperti halnya gelatin, memiliki efisiensi dan keberulangan (*reproducibility*) rendah pada proses *electrospinning* serta tantangan dalam memperoleh serat dengan keseragaman tinggi. Hal ini disebabkan oleh sangat berbedanya konformasi rantai molekul, respon hidrodinamis, dan gaya tolak menolak di antara polianion dalam polimer alam.²⁵ Untuk mengatasi hal tersebut, mencampurkan polimer alam dengan polimer sintetik yang non toksik, larut dalam air, dan biokompatibel, seperti polivinil alkohol adalah salah satu solusi, karena PVA dapat mengurangi gaya tolak menolak antar muatan pada larutan polimer alam sehingga serat dapat dipintal.²⁶ Pada komposisi dan titik tertentu, penambahan PVA pada gelatin dapat meningkatkan sifat mekaniknya.²⁷ Selain sifatnya yang larut dalam air, murah dan mudah didapatkan, polivinil alkohol juga memiliki kestabilan secara kimiawi dan temperatur, tidak mudah terdegradasi pada berbagai kondisi fisiologis dan yang terpenting adalah sifatnya yang biokompatibel dan non toksik sehingga tidak akan menyebabkan toksisitas maupun gangguan stimulasi pada jaringan sel di dalam tubuh.^{3,27}



Gambar 1. Struktur molekul Bacitracin dan Neomycin

Luka terbuka pada umumnya berpotensi untuk berkembang menjadi infeksi. Oleh karena itu, aplikasi antibiotika topikal dipandang perlu untuk menambah keefektifan/efikasi suatu pembalut luka.

Antibiotika topikal yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis Bacitracin dan Neomycin. Keduanya merupakan antibiotika topikal penting untuk penanganan masalah kulit. Struktur Bacitracin dan Neomycin dapat dilihat pada Gambar 1. Bacitracin adalah antibiotika campuran dari polipeptida siklik ($C_{66}H_{103}N_{17}O_{16}S$). Bacitracin mengganggu sintesis dinding sel bakteri kokus gram positif, seperti *Staphylococcus* dan *Streptococcus*. Bacitracin topikal efektif untuk pengobatan infeksi bakteri superfisial pada kulit.²⁸ Neomycin adalah antibiotika golongan aminoglikosida topikal yang sering digunakan untuk mengobati infeksi akibat bakteri gram negatif (*Escherichia coli*), dengan memberi efek membunuh bakteri dengan mengganggu sintesis protein. Obat ini sering digunakan sebagai profilaksis infeksi yang disebabkan oleh abrasi superfisial, terluka, atau luka bakar.^{28,29,30}

Dalam dunia perdagangan, serat nano adalah serat dengan diameter kurang dari 500 nm, dan umumnya serat nano yang diperdagangkan memiliki kisaran ukuran 50 nm – 300 nm.³¹ Pembalut luka dari serat nano umumnya memiliki ukuran pori antara 500 nm hingga 1 μ m. Nilai ini memadai untuk melindungi luka dari penetrasi bakteri dan juga cukup memiliki luas permukaan yang tinggi, yaitu pada kisaran 5 hingga 100 m²/g yang cukup efisien untuk penyerapan cairan yang berasal dari luka.^{32,33} Pada penelitian ini, dilakukan percobaan pembuatan membran serat nano PVA/gelatin dan membran PVA/gelatin/antibiotika dengan target ukuran ≤ 300 nm. Membran selanjutnya dikarakterisasi menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) dan *Fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR) untuk mengetahui morfologi membran, diameter serat, keseragaman, dan struktur serta perubahan ikatan kimia dan gugus fungsinya.

METODE

Bahan

Bahan yang digunakan adalah gelatin, polivinil alkohol, asam asetat glasial, alkohol, serta antibiotika topikal jenis Bacitracin dan Neomycin. Seluruh bahan kimia digunakan langsung tanpa purifikasi lebih lanjut. Persiapan pembuatan larutan pintal seluruhnya menggunakan akuades.

Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah peralatan gelas lengkap, neraca analitis, *magnetic stirrer*, *syringe* 10 ml, *viscometer* merek Brookfield, *conductivity meter* merek HACH-German, mesin *electrospinning* merek Eltexindo, *scanning electron microscope* merek JEOL JSM-6360 LA, dan *Fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR) merek Perkin Elmer Spectrum One.

Electrospinning

- Persiapan larutan *spinning*

Sebelum proses *electrospinning*, dilakukan pelarutan untuk masing-masing polimer. Gelatin dilarutkan pada temperatur kamar dalam campuran asam asetat glasial dan akuades, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam hingga terlarut sempurna. PVA dilarutkan dalam akuades pada temperatur 80°C dengan pengadukan konstan menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam, kemudian didinginkan hingga temperatur kamar sebelum digunakan untuk proses *electrospinning*. Konsentrasi akhir larutan gelatin adalah 5% (w/w) sedangkan PVA 10% (w/w). Untuk pembuatan larutan pintal, larutan gelatin dan PVA dicampur dengan berbagai rasio untuk mendapatkan komposisi rasio yang paling optimum. Sebelum digunakan, campuran larutan pintal didiamkan terlebih dahulu selama 24 jam pada temperatur kamar.

- Pengukuran viskositas dan daya hantar listrik
Viskositas larutan *spinning* PVA/gelatin diukur menggunakan alat *viscometer*, sedangkan daya hantar listriknya diukur menggunakan *conductivity meter*.

Tabel 1. Rasio komposisi larutan pintal PVA/gelatin

Kode variasi	Komposisi larutan pintal	
	Gelatin 5%	PVA 10%
A	60	40
B	50	50
C	40	60
D	30	70
E	20	80

- Proses *electrospinning*

Percobaan proses *electrospinning* dilakukan di mesin *electrospinning* pada temperatur kamar, menggunakan *syringe* 10 ml dengan diameter dalam 0,838 mm. Voltase tegangan listrik yang digunakan adalah 38 kV, jarak antara ujung tip nosel dengan *grounded* kolektor 10 cm, dan laju alir larutan 0,4 ml/jam. Percobaan dilakukan dengan memvariasikan komposisi rasio larutan *spinning* PVA 10% dan gelatin 5% sebagaimana yang dapat dilihat pada Tabel 1. Pada komposisi larutan *spinning* yang dinilai optimum, dilakukan penambahan antibiotika topikal Bacitracin dan Neomycin sesuai dengan dosis yang telah ditetapkan, yaitu Bacitracin sebanyak 400 IU per gram sediaan dan Neomycin sebanyak 5 mg per gram sediaan.

Analisis gugus fungsi dan struktur mikro

Keberhasilan *electrospinning* salah satunya dinilai dari terbentuknya ikatan antara PVA/gelatin dan PVA/gelatin/antibiotika yang akan dibuktikan melalui analisis gugus fungsi menggunakan FTIR. Untuk mengetahui struktur mikro membran seperti morfologi, diameter, dan keseragaman seratnya, dilakukan pengamatan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM).

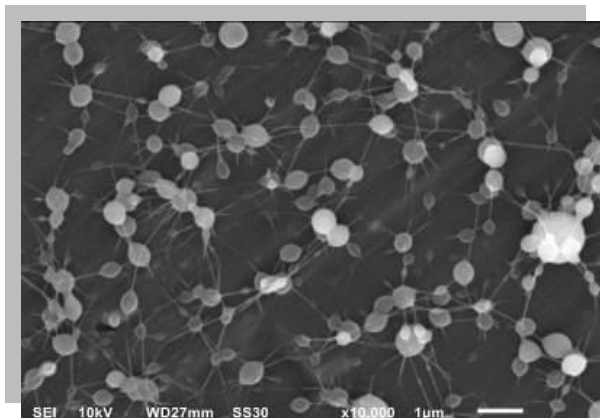
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk dan ukuran serat nano yang dihasilkan pada proses *electrospinning* selain ditentukan oleh sifat larutan (konsentrasi, viskositas, daya hantar listrik, tegangan permukaan, berat molekul polimer, momen dipol, dan konstanta dielektrik), juga dipengaruhi oleh variabel terkendali dan parameter ambien. Variabel terkendali adalah laju alir, kuat medan listrik/voltase tegangan, jarak antara ujung tip nosel dengan *grounded* kolektor, bentuk jarum *syringe*, serta komposisi dan geometri kolektor. Parameter ambien adalah temperatur, kelembaban udara ruangan, serta kecepatan udara dalam ruang *electrospinning*.^{6,32,34}

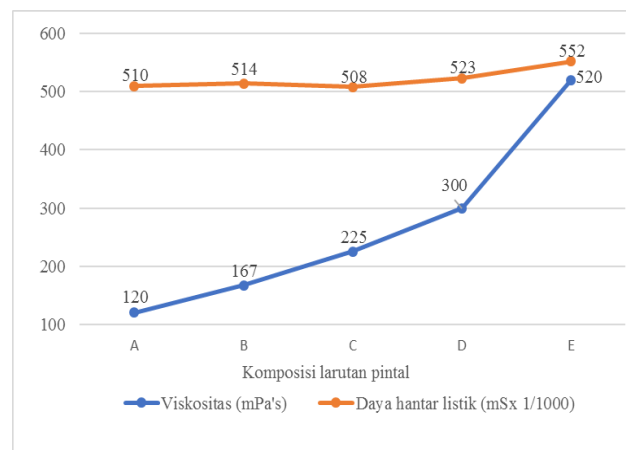
Berdasarkan penelitian terdahulu,^{32,35,36} parameter yang berpengaruh pada proses *electrospinning* gelatin untuk mendapatkan hasil yang telah dianggap optimum, di antaranya adalah voltase tegangan listrik yang digunakan, ukuran *syringe*, jarak antara ujung tip nosel dengan *grounded* kolektor, laju alir larutan, dan temperaturnya. Selain itu, telah diketahui juga bahwa penggunaan gelatin dengan konsentrasi yang terlalu tinggi akan menyebabkan terbentuknya banyak *beads*. *Beads* tersebut merupakan larutan *spinning* yang tidak berhasil menjadi untaian jet yang dapat ditarik oleh medan listrik yang berlawanan, hal ini kemungkinan disebabkan oleh tidak seimbangannya kondisi larutan (konsentrasi, viskositas maupun daya hantar listrik) dan laju alir dengan voltase tegangan listrik yang digunakan. Pada percobaan yang telah dilakukan, untuk rasio konsentrasi gelatin 5% paling tinggi sesuai Tabel 1 (PVA/gelatin rasio 20:80) terlihat bahwa banyak sekali *beads* yang terbentuk (Gambar 2). Dengan demikian, PVA/gelatin rasio 20:80 tidak digunakan dalam proses *electrospinning* selanjutnya.

Viskositas dan daya hantar listrik larutan *electrospinning* PVA/gelatin pada berbagai variasi komposisi dapat dilihat pada Gambar 3. Dari penelitian sebelumnya,³⁵ diketahui bahwa viskositas larutan pintal PVA/gelatin akan meningkat setelah penyimpanan selama waktu tertentu dan kemudian akan mengalami penurunan. Pembentukan gel PVA/gelatin akan berlangsung sempurna setelah penyimpanan selama 24 jam, kemudian viskositas gel akan menurun akibat degradasi secara biologi

oleh aktivitas mikroba. Pada penelitian ini, larutan pintal *electrospinning* langsung digunakan setelah penyimpanan selama 24 jam. Dari Gambar 3, terlihat bahwa terjadi perubahan pada viskositas seiring dengan perubahan rasio penggunaan PVA dan gelatin pada larutan. PVA terlihat lebih berperan dalam meningkatkan viskositas larutan pintal, terbukti dengan semakin tinggi rasio PVA dalam larutan maka viskositasnya akan semakin tinggi. Nilai viskositas ini akan menentukan kemudahan penarikan serat atau pembentukan untaian jet dari tip nosel menuju kolektor saat proses *electrospinning* berlangsung.



Gambar 2. Citra SEM struktur mikro serat hasil *electrospinning* PVA 10%/gelatin 5% rasio 2:8 (Pembesaran 10000 kali)

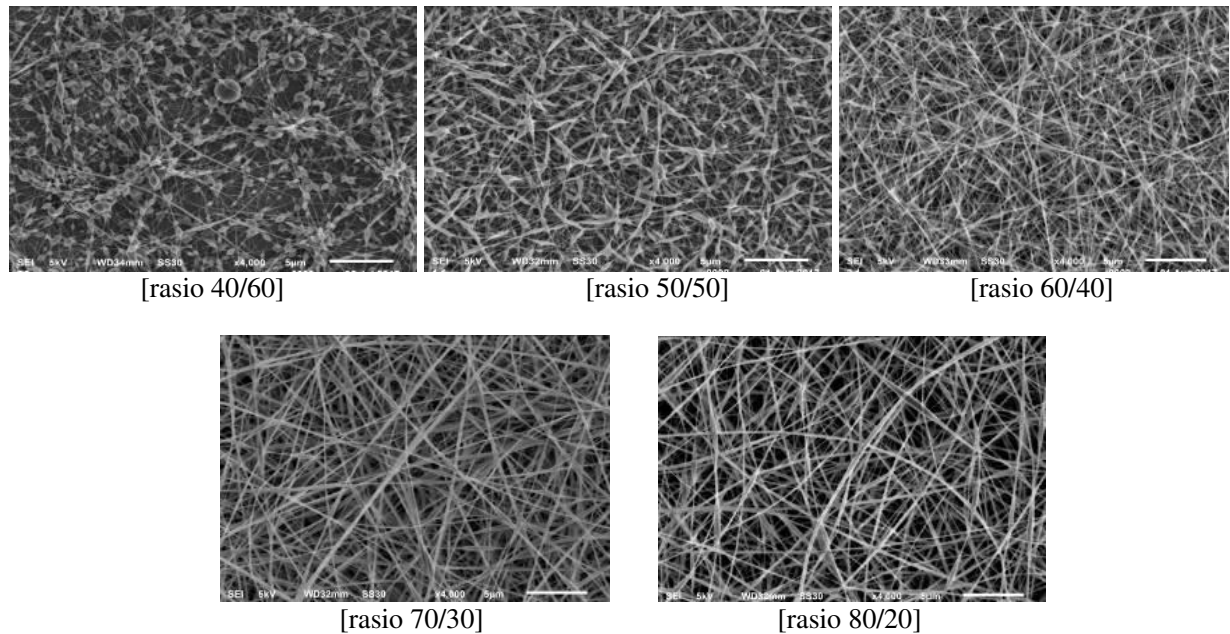


Gambar 3. Viskositas dan daya hantar listrik larutan pintal PVA/gelatin dengan berbagai rasio komposisi

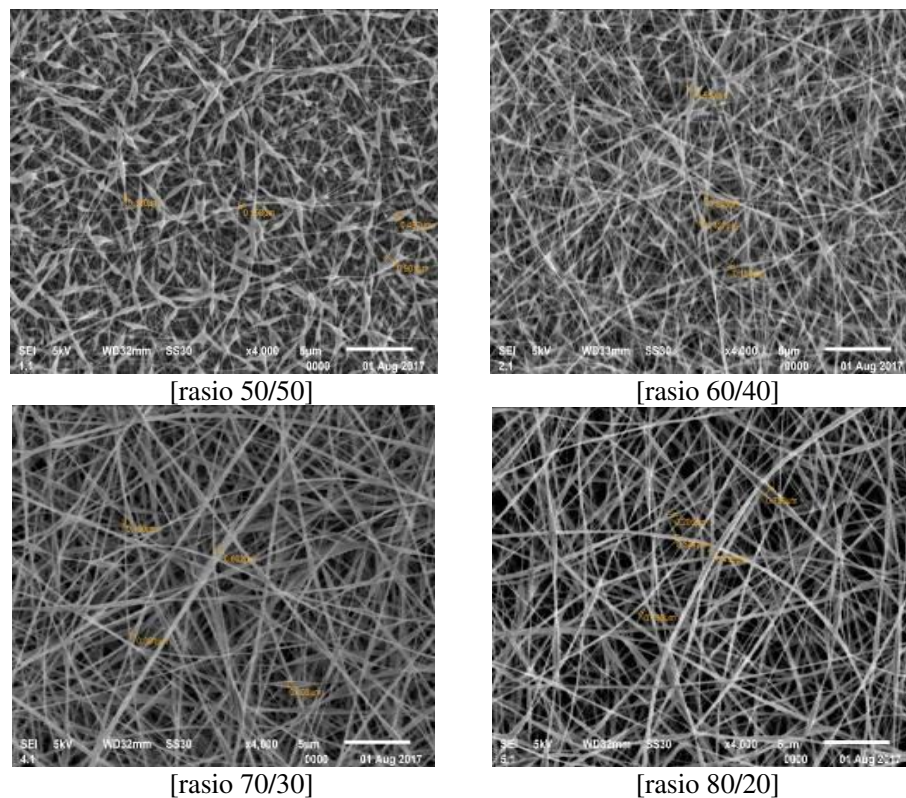
Uji coba proses *electrospinning* dilakukan untuk mendapatkan komposisi larutan pintal paling optimum dengan variasi sesuai pada Tabel 1 dan parameter tetap, yaitu voltase tegangan listrik 38 kV, nomor *syringe* 18 (diameter dalam 0,838 mm), jarak tip dan kolektor 10 cm, laju alir 0,4 ml/jam, serta temperatur 25°C. Citra SEM hasil proses *electrospinning* untuk berbagai komposisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Dari citra SEM membran serat nano tersebut, terlihat

bahwa *beads* yang terbanyak terbentuk dari larutan PVA/gelatin dengan rasio 40/60, rasio ini merupakan rasio dengan konsentrasi gelatin 5% yang tertinggi dari komposisi yang lain. Semakin

rendah rasio konsentrasi gelatin 5% dalam larutan maka semakin sedikit *beads* yang terbentuk dan keseragaman serat pun semakin baik.



Gambar 4. Citra SEM struktur mikro serat hasil *electrospinning* PVA/gelatin (Pembesaran 4000 kali)

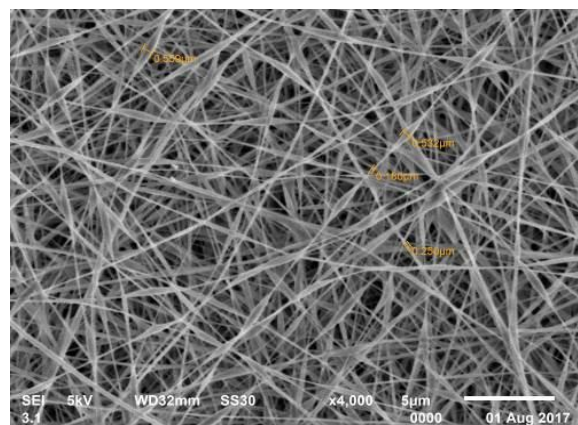


Gambar 5. Citra SEM ukuran serat hasil *electrospinning* PVA/gelatin (Pembesaran 4000 kali)

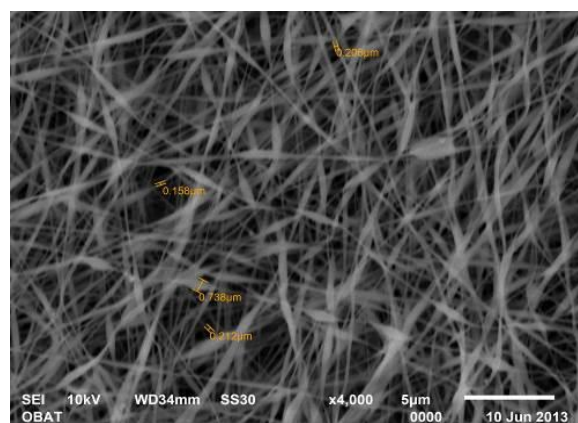
Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, larutan pinal PVA 10%/gelatin 5% dengan rasio komposisi 70/30 sebagian besar memiliki serat dengan ukuran ≤ 300 nm, dengan demikian komposisi konsentrasi ini dianggap paling optimum untuk dibuat menjadi membran serat nano, di samping itu rasio tersebut juga mudah dalam proses penarikan seratnya dan memiliki keseragaman serat yang cukup baik jika dilihat dari citra SEM.

Larutan pinal PVA/gelatin dengan rasio komposisi 70/30 ini kemudian diberi tambahan antibiotika topikal Bacitracin sebanyak 400 IU per gram sediaan dan Neomycin sebanyak 5 mg per gram sediaan. Membran serat nano yang dihasilkan ini dianggap cukup memadai, khususnya untuk keperluan tekstil medis, seperti produk pembalut luka atau media penghantar obat topikal. Gambar 6 menyajikan citra SEM membran serat nano PVA/gelatin tanpa dan dengan kandungan Bacitracin dan Neomycin. Pada gambar tersebut, teramati bahwa penambahan antibiotika Bacitracin dan Neomycin menyebabkan terjadinya perubahan morfologi, yaitu membran dengan penambahan antibiotika terlihat memiliki partikel-partikel menyerupai *beads* yang kemungkinan berisi partikel antibiotika. Partikel ini mengisi rongga-rongga serat dan rongga antar serat sehingga membran serat tampak lebih padat.

Untuk mengetahui adanya reaksi yang terjadi atau perubahan gugus fungsi pada membran serat nano PVA/gelatin, dilakukan analisis menggunakan spektroskopi inframerah FTIR. Spektra FTIR dan puncak serapan panjang gelombang PVA, gelatin, dan PVA/gelatin dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 2.

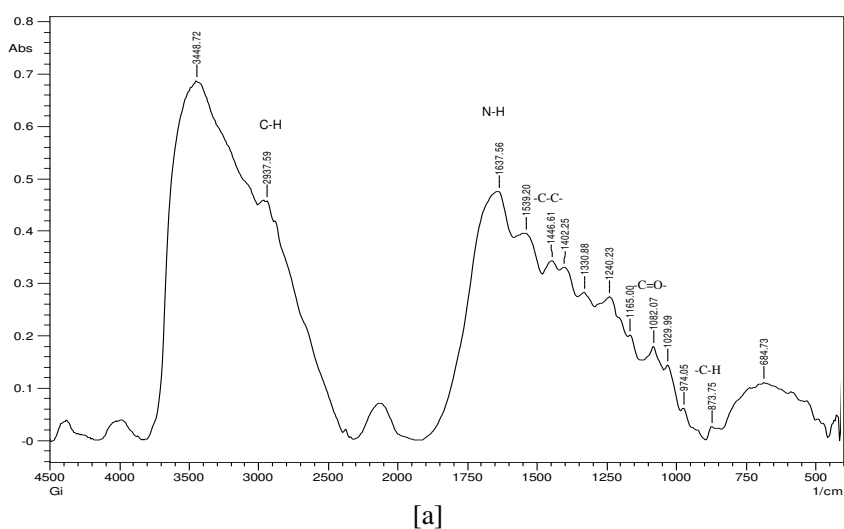


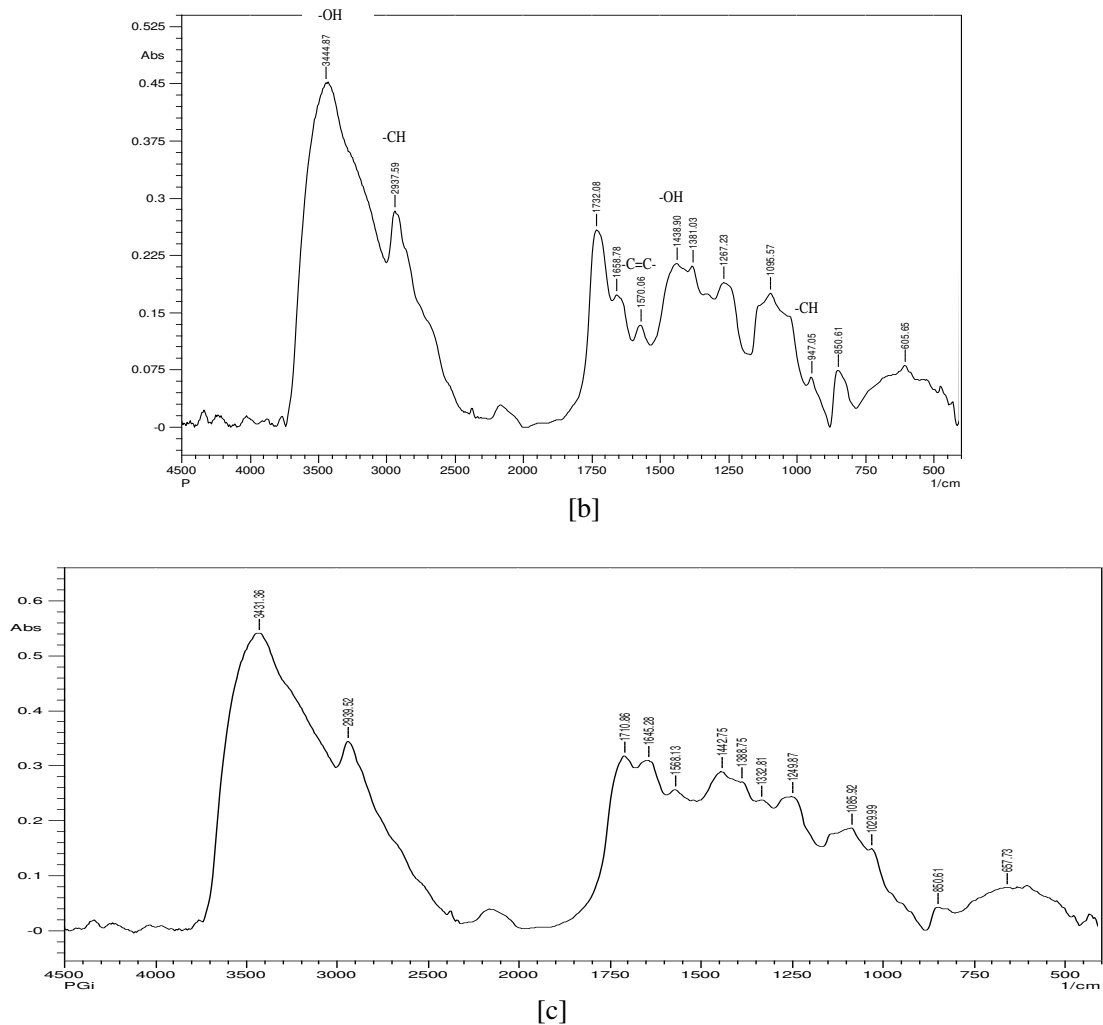
Tanpa penambahan antibiotika



Dengan penambahan antibiotika

Gambar 6. Citra SEM struktur mikro serat hasil *electrospinning* PVA/gelatin rasio komposisi 70/30 (Pembesaran 4000 kali)





Gambar 7. Spektra FTIR [a] gelatin, [b] PVA, [c] PVA/gelatin

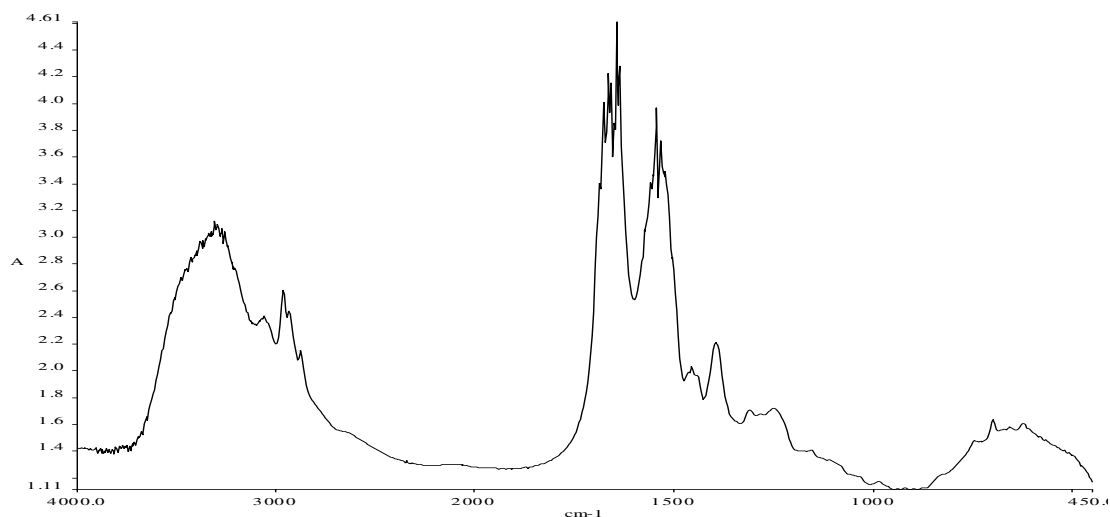
Tabel 2. Puncak serapan panjang gelombang PVA, Gelatin, Bacitracin, dan Neomycin

Material	Absorpsi (cm ⁻¹)	Gugus	Material	Absorpsi (cm ⁻¹)	Gugus
Gelatin	3600 – 3200	O – H stretching	PVA		
	1420 – 1330	O – H bending		1605 – 1466	C – C
	2900 – 3000	C – H stretching		2900 – 3000	C – H stretching
	900 – 675	C – H bending		900 – 675	C – H bending
	1642	N – H		3600 – 3200	O – H stretching
	1605 – 1466	C – C		1420 – 1330	O – H bending
	1260 – 1000	C = O			
Bacitracin	3600 – 3200	O – H stretching	Neomycin	3600 – 3200	O – H stretching
	1420 – 1330	O – H bending		1420 – 1330	O – H bending
	3500 – 3100	N – H ₂		3500 – 3100	N – H ₂
	2900 – 3000	pita uluran C – H aromatik		2900 – 3000	pita uluran C – H aromatik
	1630 – 1642	N – H		1400 – 1600	gugus aromatik
	1400 – 1600	gugus aromatik		1000 – 1100	gugus aromatik
	1000 – 1100	gugus aromatik		1260 – 1000	C = O
	1260 – 1000	C = O		2900 – 3000	C – H stretching
	2900 – 3000	C – H stretching		600 – 900	C – H stretching

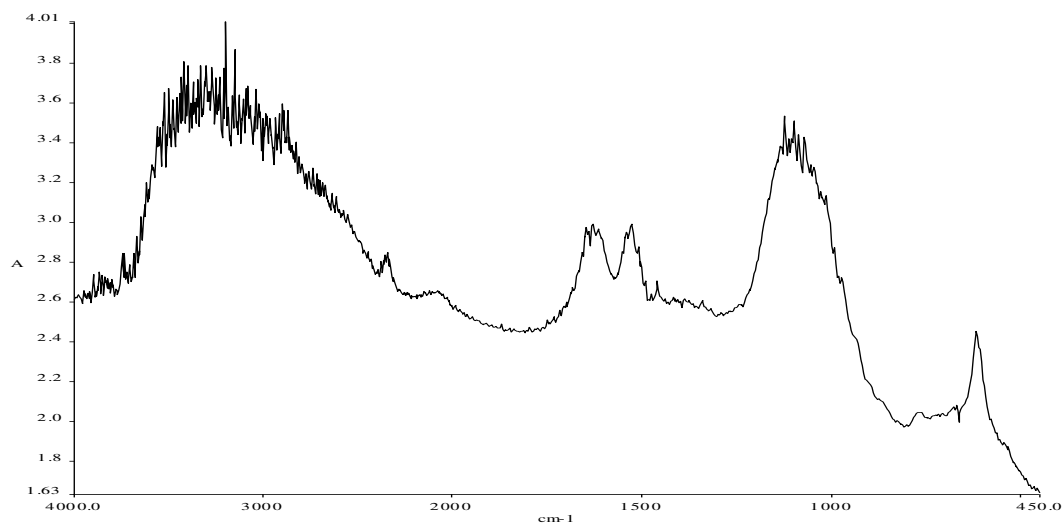
Dari Gambar 7 dan Tabel 2 dapat dilihat puncak serapan dan gugus fungsi yang terdapat pada membran PVA/gelatin. Gugus-gugus yang terdapat pada PVA maupun gelatin merupakan gugus-gugus hidrofil, sehingga menjadikan kedua zat tersebut mudah larut dalam air. Dengan membandingkan spektra FTIR, terlihat bahwa spektra PVA/gelatin merupakan gabungan spektra PVA dan gelatin, sehingga dapat dikatakan bahwa membran serat nano tersebut memiliki kandungan senyawa organik dan struktur kimia yang sama dengan PVA dan gelatin. Hal ini terlihat pada Gambar 7c yang menunjukkan bahwa campuran PVA/gelatin juga memiliki puncak serapan yang sama dengan PVA dan gelatin pada panjang gelombang $3600 - 3200 \text{ cm}^{-1}$ (O — H *stretching*); $1420 - 1330 \text{ cm}^{-1}$ (O — H *bending*); $3100 - 3000$

cm^{-1} (pita uluran C — H aromatik); $1400 - 1600 \text{ cm}^{-1}$ dan $1000 - 1100 \text{ cm}^{-1}$ (gugus aromatik); $1630 - 1642 \text{ cm}^{-1}$ (N — H); $1466 - 1605 \text{ cm}^{-1}$ (C = O); $2900 - 3000 \text{ cm}^{-1}$ (C — H *stretching*); dan $1260 - 1000 \text{ cm}^{-1}$ (C = O).

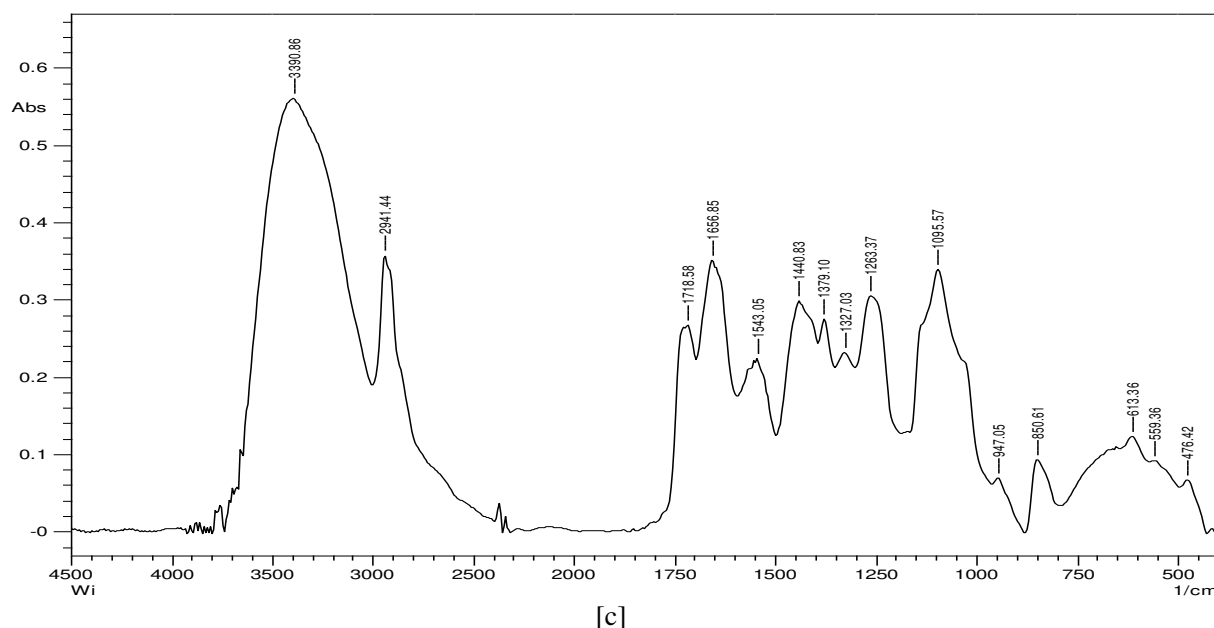
Pada Gambar 8 disajikan spektra FTIR untuk Bacitracin, Neomycin, serta PVA/gelatin/antibiotika topikal. Dengan membandingkan ketiga grafik spektra tersebut, maka dapat diketahui bahwa spektra tersebut adalah gabungan dari spektra PVA, gelatin, dan antibiotika topikal. Data ini menunjukkan keberadaan senyawa PVA, gelatin, Bacitracin, dan Neomycin pada larutan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui apakah benar terjadi reaksi antara senyawa-senyawa tersebut atau hanya menunjukkan interaksi non kovalen antar senyawa saja.



[a]



[b]



Gambar 8. Spektra FTIR [a] Bacitracin, [b] Neomycin, [c] PVA/gelatin/antibiotika topikal

KESIMPULAN

Electrospinning membran serat nano PVA/gelatin dan PVA/gelatin/antibiotika topikal telah berhasil dilakukan. Membran serat nano yang optimum diperoleh pada kondisi konsentrasi PVA 10% dan gelatin 5% dengan rasio komposisi 70/30, terlihat dari karakternya yang memiliki lebih sedikit *beads* namun keseragaman serat paling baik. Pada kondisi tersebut diperoleh serat dengan rata-rata ukuran ≤ 300 nm dengan tingkat keseragaman dan distribusi serat yang cukup baik. Spektra FTIR menunjukkan keberadaan dan interaksi antar senyawa PVA, gelatin, Bacitracin, dan Neomycin pada larutan. Meski demikian, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui apakah senyawa tersebut bereaksi satu sama lain atau hanya mengalami interaksi secara non kovalen. Untuk mengetahui efikasi membran serat nano PVA/gelatin/antibiotika topikal ini sebagai produk pembalut luka atau media penghantar obat, perlu dilakukan uji khasiat.

PUSTAKA

1. Formhals, A. (1934). *Apparatus for producing artificial filaments from materials such as cellulose acetate*. U.S. Patent 1975504.
2. Pillay, V., Dott, C., Choonara, E. Y., Tyagi, C., Tomar, L., Kumar, P., du Toit, L. C., Ndesendo, V. M. K. (2013). *A Review of the Effect of Processing Variables on the Fabrication of Electrospun Nanofibers for Drug Delivery Applications*. *Journal of Nanomaterials*. Volume 2013, Hindawi Publishing Corporation, 22 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/789289>
3. Santos, C., Silva, C. J., Büttel, Z., Guimarães, R., Pereira, S. B., Tamagnini, P., & Zille, A. (2014). *Preparation and characterization of polysaccharides/PVA blend nanofibrous membranes by electrospinning method*. *Carbohydrate Polymers*, 99, 584–592. doi:10.1016/j.carbpol.2013.09.008
4. Liu, Y., Wang, R., Ma, H., Hsiao, B. S., & Chu, B. (2013). *High-flux microfiltration filters based on electrospun polyvinylalcohol nanofibrous membranes*. *Polymer*, 54(2), 548–56. doi:10.1016/j.polymer.2012.11.064
5. Loh, X. J., Peh, P., Liao, S., Sng, C., & Li, J. (2010). *Controlled drug release from biodegradable thermoresponsive physical hydrogel nanofibers*. *Journal of Controlled Release*, 143(2), 175–182. doi:10.1016/j.jconrel.2009.12.030
6. Bhardwaj, N., & Kundu, S. C. (2010). *Electrospinning: A fascinating fiber fabrication technique*. *Biotechnology Advances*, 28(3), 325–347. doi:10.1016/j.biotechadv.2010.01.004
7. Laha, A., Sharma, C. S., & Majumdar, S. (2016). *Electrospun gelatin nanofibers as drug carrier: effect of crosslinking on sustained release*. *Materials Today: Proceedings*, 3(10), 3484–3491. doi:10.1016/j.matpr.2016.10.031
8. Gautam, S., Dinda, A. K., & Mishra, N. C. (2013). *Fabrication and characterization of PCL/gelatin composite nanofibrous scaffold for tissue engineering applications by electrospinning method*. *Materials Science and*

- Engineering: C*, 33(3), 1228–1235. doi:10.1016/j.msec.2012.12.015
9. Li, D., Chen, W., Sun, B., Li, H., Wu, T., Ke, Q., Mo, X. (2016). *A comparison of nanoscale and multiscale PCL/gelatin scaffolds prepared by disc-electrospinning*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 146, 632–641. doi:10.1016/j.colsurfb.2016.07.009
10. Correia, T. R., Ferreira, P., Vaz, R., Alves, P., Figueiredo, M. M., Correia, I. J., & Coimbra, P. (2016). *Development of UV cross-linked gelatin coated electrospun poly(caprolactone) fibrous scaffolds for tissue engineering*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 1539–1548. doi:10.1016/j.ijbiomac.2016.05.045
11. Xue, J., He, M., Liu, H., Niu, Y., Crawford, A., Coates, P. D., Zhang, L. (2014). *Drug loaded homogeneous electrospun PCL/gelatin hybrid nanofiber structures for anti-infective tissue regeneration membranes*. *Biomaterials*, 35(34), 9395–9405. doi:10.1016/j.biomaterials.2014.07.060
12. Yang, D., Li, Y., & Nie, J. (2007). *Preparation of gelatin/PVA nanofibers and their potential application in controlled release of drugs*. *Carbohydrate Polymers*, 69(3), 538–543. doi:10.1016/j.carbpol.2007.01.008
13. Laha, A., Yadav, S., Majumdar, S., & Sharma, C. S. (2016). *In-vitro release study of hydrophobic drug using electrospun cross-linked gelatin nanofibers*. *Biochemical Engineering Journal*, 105, 481–488. doi:10.1016/j.bej.2015.11.001
14. Merkle, V. M., Tran, P. L., Hutchinson, M., Ammann, K. R., DeCook, K., Wu, X., & Slepian, M. J. (2015). *Core-shell PVA/gelatin electrospun nanofibers promote human umbilical vein endothelial cell and smooth muscle cell proliferation and migration*. *Acta Biomaterialia*, 27, 77–87. doi:10.1016/j.actbio.2015.08.044
15. Morsy, R., Hosny, M., Reicha, F., & Elnimr, T. (2017). *Developing and physicochemical evaluation of cross-linked electrospun gelatin-glycerol nanofibrous membranes for medical applications*. *Journal of Molecular Structure*, 1135, 222–227. doi:10.1016/j.molstruc.2017.01.064
16. Rath, G., Hussain, T., Chauhan, G., Garg, T., & Goyal, A. K. (2016). *Development and characterization of cefazolin loaded zinc oxide nanoparticles composite gelatin nanofiber mats for postoperative surgical wounds*. *Materials Science and Engineering: C*, 58, 242–253. doi:10.1016/j.msec.2015.08.050
17. Sanaei-rad, P., Jafarzadeh Kashi, T., Seyedjafari, E., & Soleimani, M. (2016). *Enhancement of stem cell differentiation to osteogenic lineage on hydroxyapatite-coated hybrid PLGA/gelatin nanofiber scaffolds*. *Biologicals*, 44(6), 511–516. doi:10.1016/j.biologicals.2016.09.002
18. Meng, Z. X., Wang, Y. S., Ma, C., Zheng, W., Li, L., & Zheng, Y. F. (2010). *Electrospinning of PLGA/gelatin randomly-oriented and aligned nanofibers as potential scaffold in tissue engineering*. *Materials Science and Engineering: C*, 30(8), 1204–1210. doi:10.1016/j.msec.2010.06.018
19. Meng, Z. X., Xu, X. X., Zheng, W., Zhou, H. M., Li, L., Zheng, Y. F., & Lou, X. (2011). *Preparation and characterization of electrospun PLGA/gelatin nanofibers as a potential drug delivery system*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 84(1), 97–102. doi:10.1016/j.colsurfb.2010.12.022
20. Ratanavaraporn, J., Rangkupan, R., Jeeratawatchai, H., Kanokpanont, S., & Damrongsakkul, S. (2010). *Influences of physical and chemical crosslinking techniques on electrospun type A and B gelatin fiber mats*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 47(4), 431–438. doi:10.1016/j.ijbiomac.2010.06.008
21. Okutan, N., Terzi, P., & Altay, F. (2014). *Affecting parameters on electrospinning process and characterization of electrospun gelatin nanofibers*. *Food Hydrocolloids*, 39, 19–26. doi:10.1016/j.foodhyd.2013.12.022
22. Mutia, T., Eriningsih, R., (2012). *Penggunaan Webs Serat Alginat Hasil Proses Electrospinning Untuk Pembalut Luka Primer*, *Jurnal Riset Industri*, Jakarta, Vol. VI, No. 2.
23. Mutia, T., Eriningsih, R., Safitri, R., (2013). *Serat Nano Gelatin/Polivinil Alkohol Untuk Keperluan Tekstil Medis*, *Jurnal Riset Industri*, Jakarta, Vol. VII, No. 3.
24. Mutia, T., dan Moeliono, M., (2014). *Webs Serat Nano Alginat/Polivinil Alkohol Untuk Media Penyampaian Obat Topikal*, *Jurnal Riset Industri*, Volume 8, No. 3, Desember.
25. Schiffman, J. D., & Schauer, C. L. (2008). *A review: Electrospinning of biopolymer nanofibers and their applications*. *Polymer Reviews*, 48(2), 317–352.

26. Bonino, C. A., Krebs, M. D., Saquing, C. D., Jeong, S. I., Shearer, K. L., Alsberg, E., et al. (2011). *Electrospinning alginate-based nanofibers: From blends to crosslinked low molecular weight alginate-only systems*. *Carbohydrate Polymers*, 85(1), 111–119.
27. Fan, L., Yang, H., Yang, J., Peng, M., & Hu, J. (2016). *Preparation and characterization of chitosan/gelatin/PVA hydrogel for wound dressings*. *Carbohydrate Polymers*, 146, 427–434. doi:10.1016/j.carbpol.2016.03.002
28. Choi, Y. H., Seung, S. C., Simkhada, J. R., Rahman, Md, S., Yoon, S. C., Chun, S. K., Jin, C. Y., (2017). *A Novel Multifunctional Peptide Oligomer of Bacitracin with Possible Bioindustrial and Therapeutic Applications from a Korean Food-Source Bacillus Strain*, *PLoS One*, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176971>
29. Chang, J., June, C., Yoon, C. R., Myung, H. Y., Kyoung, H. O., Gi, J. I., Seung, H. L., Soon, Y. K., Park, H., Sung, W. C., Jung, H. K., (2016). *Sodium Selenite Acts as an Otoprotectant against Neomycin-Induced Hair Cell Damage in a Zebrafish Model*, *PLoS One*, Published: March 14, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151557>
30. Anonymous, (2008). *Informasi Spesialite Obat Indonesia*, Ikatan Sarjana Farmasi Indonesia.
31. Panboon, MSS, (2000). *Electro-spinning of Polyvinyl Alcohol/Chitosan Fibers for Wound Dressing Application*, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok.
32. Peter PT, et. all., (2004). *Investigation of Fiber, Bulk and Surface Properties of Meltblown and Electrospun Polymeric Fabrics*, Textile and nonwoven Development Center, INJ Fall.
33. Edward, JV, et.al., (2006). *The Future of Modified Fibers*, Southern Regional Research Center, New Orleans.
34. Brown, PJ, et.al., (2007). *Nanofibers and Nanotechnology in Textiles*, The Textile Institute, Woodhead Pub. Ltd., Cambridge.
35. Mutia, T., Safitri, R., Eriningsih, R., (2011). *Membran Alginat Sebagai Pembalut Luka Primer dan Media Penyampaian Obat Topikal Untuk Luka Terinfeksi*, *Jurnal Riset Industri*, Jakarta, Vol. V, No. 2.
36. Nuanchan, C, et.al., (2007). *Electrospun Gelatin Fibers: Effect of Solvent System on Morphology and Fibers Diameters*, *Polymer J.*, Vo. 39., No. 6., pp 622-631.
37. Silverstein, RM, et. al., (1975). *Spectrometric Identification of Organic Compound*, Third Edition, John Willey & Sons, New York.

