

Nanofiber PVA/Kitosan Sebagai Wound Dressing

¹⁾Indah Yuliani, ²⁾Diah Hari Kusumawati

¹⁾Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: indah.18011@mhs.unesa.ac.id

²⁾Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: diahkusumawati@unesa.ac.id

Abstrak

Nanoteknologi adalah ilmu pengetahuan yang mengalami perkembangan pesat, salah satunya dibidang *nanofiber*. Dalam bidang kesehatan *nanofiber* dapat diaplikasikan sebagai *wound dressing*. PVA dapat diaplikasikan sebagai *wound dressing* karena sifatnya yang tidak beracun, namun PVA memiliki kelemahan yakni hidrofisilitas yang tinggi sehingga mempengaruhi sifat mekanik dari PVA. Oleh sebab itu PVA perlu dikompositkan dengan polimer lain yaitu kitosan. Kitosan digunakan untuk meningkatkan viskositas dan memiliki karakteristik yakni sifat biokompatibel dan antimikroba. Pembuatan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan dilakukan dengan menggunakan metode elektrospinning. Kemudian *nanofiber* dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), *UV Vis Spectroscopy*, *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM), *Energy Dispersive X-Ray* (EDX), *Antibacterial Assay*. Nanofiber yang dihasilkan dari proses elektrospinning menunjukkan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan pada tegangan 21 kV memiliki nilai absorbansi yang tinggi dengan rentang panjang gelombang 200-300 nm. Komposit *nanofiber* menunjukkan bahwa terdapat kandungan gugus fungsi dari PVA dan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan. Nanofiber PVA/Kitosan pada tegangan 21 kV dapat digunakan sebagai *wound dressing*, hal ini dikarenakan ukuran diameter dari *fibers* yaitu sebesar 130,1 nm, homogen, rapat, serta permukaan halus tanpa *beads* berdasarkan karakterisasi SEM. Komposit *nanofiber* PVA/Kitosan efektif digunakan sebagai *wound dressing* yakni pada waktu inkubasi jam ke-3 dengan efisiensi 78,8% berdasarkan uji antibakteri yang telah dilakukan.

Kata Kunci: PVA, kitosan, *nanofiber*, elektrospinning, *wound dressing*

Abstract

Nanotechnology is a science that is experiencing rapid development, one of which is in the field of nanofibers. In the health sector, nanofiber can be applied as a wound dressing. PVA can be applied as a wound dressing because it is non-toxic, but PVA has the disadvantage of high hydrophilicity, which affects the mechanical properties of PVA. Therefore, PVA needs to be composed with other polymers, namely chitosan. Chitosan is used to increase viscosity and has the characteristics of being biocompatible and antimicrobial. The manufacture of PVA/Chitosan nanofiber composites was carried out using the electrospinning method. Then the nanofibers were characterized using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Uv Vis Spectroscopy, Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM), Energy Dispersive X-Ray (EDX). voltage 21 kV has a high absorbance value with a wavelength range of 200-300 nm. The nanofiber composites showed that there was a functional group content of PVA and PVA/Chitosan nanofiber composites. PVA/chitosan nanofibers at a voltage of 21 kV can be used as wound dressings, this is because the diameter of the fibers is 130.1 nm, homogeneous, tight, and has a smooth surface without beads based on SEM characterization. PVA/Chitosan nanofiber composites was effectively used as a wound dressing, namely at the incubation time of 3 hours with an efficiency of 78,8% based on the antibacterial test that had been carried out.

Keywords: PVA, chitosan, nanofiber, electrospinning, wound dressing

1. PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkaitan dengan mengontrol zat kimia, sifat material, serta sistem pada skala nanometer sehingga mampu menciptakan fungsi yang baru merupakan definisi dari nanoteknologi. Pembuatan serat nano atau *nanofiber* merupakan salah

satu contoh nanoteknologi yang sedang banyak dikembangkan. *Nanofiber* memiliki beberapa kelebihan seperti luas permukaan yang tinggi, struktur berpori, bersifat elastis (Biranje *et al.*, 2017), dan diameter pada *nanofiber* yakni antara 100-500 nm. Kelebihan lain dari *nanofiber* dibandingkan dengan *fibers* lainnya yakni ketipisan lapisan, porositas yang tinggi, dan permeabilitas

yang tinggi (Pereao *et al.*, 2019). Hal tersebut menjadikan *nanofiber* memiliki potensial yang besar untuk digunakan pada berbagai aplikasi (Kenry & Lim, 2017). *Nanofiber* biasanya diaplikasikan sebagai *drug delivery* (Nur Izzah *et al.*, 2019), media filtrasi air (Haziq Alias *et al.*, 2020), serta dalam bidang kesehatan *nanofiber* diaplikasikan sebagai *wound dressing* (Supriyanto *et al.*, 2018). Seiring dengan kemajuan yang pesat, fabrikasi membran *nanofiber* dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan metode elektrospinning.

Metode elektrospinning merupakan metode dengan teknik pembentukan *fibers* elektrostatis dengan menggunakan gaya dorong listrik. Prinsip kerja dari elektrospinning yakni cairan diekstrusi oleh spinneret sehingga menghasilkan tetesan seperti liontin, hal ini diakibatkan oleh tegangan pada parameter elektrospinning. Tetesan awalnya memanjang kemudian mengalami peregangan sehingga menjadi diameter yang lebih halus dan mengeras dengan cepat sehingga terjadi pengendapan *nanofiber* pada drum kolektor (Xue *et al.*, 2019). Parameter penting dalam proses elektrospinning yakni konsentrasi larutan, tegangan yang digunakan, dan pelarut material (Pereao *et al.*, 2019). Elektrospinning memiliki beberapa keunggulan yakni mudah, harganya murah, dan luas dalam pemilihan bahan- bahannya. Diameter dari serat, morfologi, serta bentuk pengaturan dalam elektrospinning dapat dikontrol. Selain itu, metode elektrospinning mampu menghasilkan *nanofiber* yang memiliki sifat mekanik cukup baik, porositas tinggi > 90%, dan homogen (Suja *et al.*, 2017). Proses pada elektrospinning menghasilkan *nanofiber* berbentuk seperti bola benang. Tegangan pada elektrospinning yaitu berkisar antara 5- 40 kV yang akan dialirkan ke larutan pada *syringe* (Krisnandika, 2017).

Penggunaan PVA sebagai bahan dasar dalam penelitian ini, dikarenakan PVA merupakan salah satu biomaterial yang dapat dibuat menggunakan metode elektrospinning. PVA merupakan polimer yang memiliki sifat yang tidak beracun, larut dalam air, biokompatibel, biodegradable, serta hidrosifilitas yang tinggi (Çay *et al.*, 2014). PVA juga dapat dicampur dengan polimer lain (Qiu *et al.*, 2020). Sifat hidrosifilitas yang tinggi pada PVA menyebabkan PVA sensitif terhadap kelembaban sehingga dapat mengalami penurunan sifat mekanik. Penambahan kitosan pada PVA digunakan sebagai efek pengental, meningkatkan viskositas, dan meningkatkan konsentrasi dari PVA yang rendah (Alavarse *et al.*, 2017).

Kitosan merupakan salah satu biomaterial yang dapat dibuat menggunakan metode elektrospinning. Kitosan adalah polisakarida polikationik yang memiliki karakteristik yaitu biodegradabilitas tinggi, dan biokompabilitas (Li *et al.*, 2019). Larutan asam klorida atau asam asetat dapat digunakan sebagai pelarut dari

kitosan serta mampu membentuk larutan polimer menjadi lebih kental. Penambahan kitosan ke dalam larutan PVA menyebabkan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan memiliki peningkatan dalam sifat mekanik, biokompabilitas, stabilitas kekuatan, serta permukaan yang baik. Kitosan juga memiliki keunggulan seperti antimikroba untuk mencegah serta mengobati infeksi pada luka (Cooper *et al.*, 2013). Oleh sebab itu, kitosan dapat dimanfaatkan sebagai *wound dressing* (Dragostin *et al.*, 2016). Karakteristik dari *wound dressing* yakni memiliki diameter *fibers* yang kecil, homogen, tidak ada atau sedikit beads.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Naeimi *et al.*, 2020) menyatakan bahwa komposit dari PVA/Kitosan dapat diaplikasikan sebagai *wound dressing*. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Adeli *et al.*, 2019) yaitu dengan menggunakan larutan kitosan yakni 2% dan larutan PVA menyatakan bahwa antibiotik dari fabrikasi *nanofiber* PVA/Kitosan sangat baik digunakan sebagai infeksi luka. Berdasarkan penelitian tersebut, peneliti melakukan fabrikasi *nanofiber* PVA/Kitosan dengan menggunakan metode elektrospinning dengan konsentrasi larutan kitosan 1% dan konsentrasi PVA 10%, selanjutnya mengkarakterisasi *nanofiber* menggunakan Mikroskop Optik, UV Vis Spectroscopy, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM), Energy Dispersive X-Ray (EDX), Antibacterial Assay.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yakni *Polyvinyl Alcohol* (PVA), *Chitosan*, aquades, dan asam asetat.

A. Rancangan Penelitian

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu preparasi sampel dan selanjutnya mengkarakterisasi sampel. Preparasi sampel dilakukan dengan membuat larutan PVA dan kitosan kemudian dikompositkan, selanjutnya proses elektrospinning. Terdapat 5 sampel dalam penelitian ini yakni, *nanofiber* PVA murni, komposit *nanofiber* PVA/Kitosan (12, 15, 18, 21) kV. Perbedaan dari masing-masing sampel yakni tegangan yang digunakan pada proses elektrospinning.

a. Pembuatan larutan *Polyvinyl Alcohol* (PVA)

Penelitian diawali dengan pembuatan larutan PVA yaitu menambahkan 2 gram PVA kedalam aquades 20 ml pada gelas kimia. Selanjutnya di *magnetic stirrer* selama 2 jam pada suhu 100°C.

b. Pembuatan larutan PVA/Kitosan

Larutan kitosan dibuat dengan menambahkan serbuk kitosan sebesar 0,1 gram ke dalam 2% asam asetat dan di *magnetic stirrer* pada suhu 45°C selama 3 jam. Selanjutnya mencampurkan volume komposit

PVA/Kitosan yaitu dengan perbandingan sebesar (15:5) ml selama 2 jam dengan suhu 45°C . Larutan PVA/Kitosan yang sudah jadi selanjutnya dilanjutkan dengan pembuatan *nanofiber* dengan menggunakan metode elektrospinning. Kemudian sampel yang sudah jadi dikarakterisasi.

c. Proses Elektrospinning Larutan PVA/Kitosan

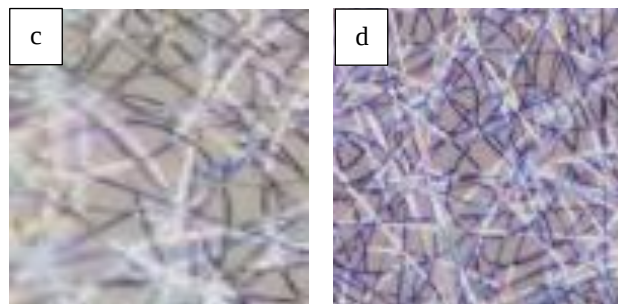
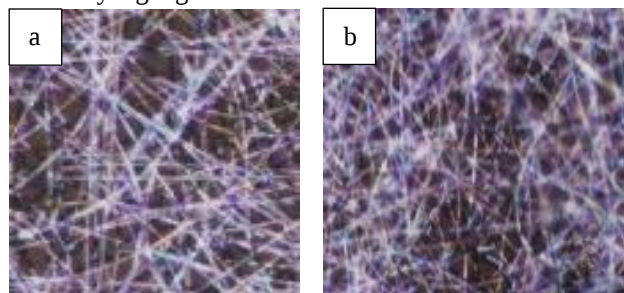
Proses elektrospinning, pertama dilakukan dengan melapisi drum kolektor dengan menggunakan aluminium foil dan kaca preparat yang akan digunakan. Selanjutnya memasukkan larutan PVA dan PVA/Kitosan kedalam *syringe*. Kemudian mengatur jarak antara jarum dengan drum kolektor sebesar 14 cm. Selanjutnya menyalakan dan mengatur parameter pada elektrospinning yaitu tegangan yang dimanipulasi sebesar (12, 15, 18, 21) kV serta laju alir 1 ml/jam. Proses elektrospinning dilakukan selama 30 menit di setiap larutan PVA/Kitosan.

B. Teknik Pengumpulan Data

Karakterisasi sampel *nanofiber* PVA dan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan menggunakan Mikroskop Optik (MO) untuk melihat morfologi awal pada sampel *nanofiber*, UV Vis Spectroscopy untuk mengetahui absorbansi sampel dengan fungsi panjang gelombang, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk, Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM), Energy Dispersive X-Ray (EDX) untuk mengamati morfologi dan mengetahui unsur yang terbentuk pada material sampel komposit *nanofiber* PVA/Kitosan, Antibacterial Assay digunakan untuk mengukur aktivitas dari suatu antibakteri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

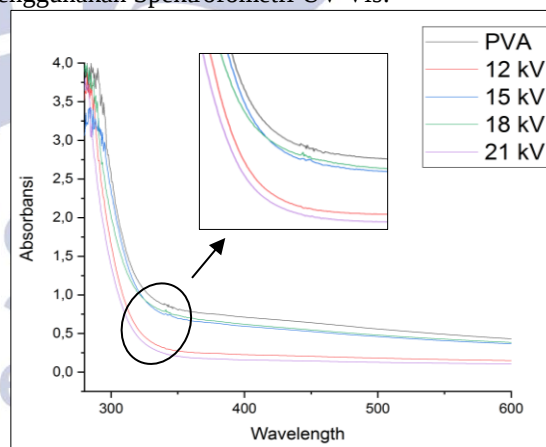
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bahan *nanofiber* PVA dan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan dengan metode elektrospinning. Sampel *nanofiber* yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan Mikroskop Optik (MO) untuk melihat morfologi *nanofiber* yang terbentuk sebagai bentuk karakterisasi awal. Komposit *nanofiber* PVA/Kitosan menggunakan variasi tegangan yaitu sebesar (12, 15, 18, 21) kV dengan jarak yakni 14 cm serta pada perbandingan volume yang digunakan 15:5 ml.



Gambar 1. Hasil Mikroskop Optik a) 12 kV b) 15 kV c) 18 kV d) 21 kV

Berdasarkan **Gambar 1.** pada tegangan 12 kV dan 15 kV menunjukkan jika *nanofiber* yang terbentuk masih terdapat *beads* dengan ukuran diameter yaitu sebesar $0,63\ \mu\text{m}$ dan $0,58\ \mu\text{m}$. Sedangkan pada tegangan 18 kV dan 21 kV, *nanofiber* terbentuk menunjukkan *beads* berkurang serta ukuran diameter *nanofiber* cenderung lebih kecil yaitu sebesar $0,52\ \mu\text{m}$ dan $0,47\ \mu\text{m}$. Pada tegangan 21 kV *nanofiber* pada komposit PVA/kitosan cenderung lebih rapat dibandingkan pada tegangan 18 kV. Berdasarkan analisis diatas menunjukkan bahwa, semakin tinggi tegangan elektrospinning yang digunakan akan berpengaruh pada diameter *nanofiber*, dimana diameter *fibers* semakin kecil. Ukuran diameter yang kecil pada *nanofiber* merupakan salah satu karakteristik yang digunakan dalam aplikasi *wound dressing*.

Identifikasi nilai absorbansi sebagai fungsi dari panjang gelombang pada sampel *nanofiber* PVA dan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometri UV Vis.



Gambar 2. Hasil uji UV Vis *nanofiber* PVA dan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan

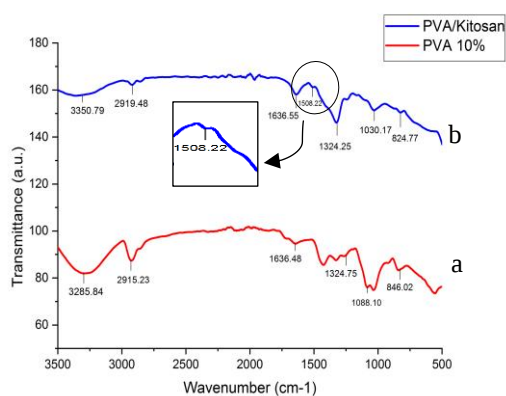
Pada **Gambar 2.** Menunjukkan hasil dari uji UV Vis yang dilakukan pada *nanofiber* PVA dan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan dengan menggunakan variasi tegangan yang digunakan pada elektrospinning yaitu (12, 15, 18, 21) kV. Grafik diatas merupakan hubungan antara panjang gelombang dengan nilai absorbansi dari sampel dengan rentang panjang gelombang yang digunakan yaitu 200-600 nm. Hasil menunjukkan bahwa terjadi pergeseran pita serapan pada PVA setelah adanya penambahan kitosan. **Gambar 2.** terlihat bahwa *nanofiber* PVA memiliki

absorbansi UV yang rendah dibandingkan komposit *nanofiber* PVA/kitosan. Spektrum serapan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan menyajikan puncak pada panjang gelombang 200-300 nm, hal tersebut dikarenakan adanya sifat semi kristalin dari komposit *nanofiber* PVA/Kitosan dan adanya C=O dalam struktur campuran polimer (Abdolrahimi *et al.*, 2018). Puncak serapan tertinggi pada grafik diatas ditunjukkan oleh sampel 21 kV yaitu pada panjang gelombang 257,5 nm. Oleh sebab itu selanjutnya dilakukan pengujian FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dari sampel *nanofiber* PVA murni dan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan.

Pengujian karakteristik pita serapan dari sampel *nanofiber* PVA dan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan perlu ditentukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk melalui karakterisasi *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Hal tersebut digunakan untuk mengetahui apakah sampel mengandung kedua senyawa penyusun. Pada pengujian FTIR, hasil grafik yang diperoleh kemudian diolah menggunakan aplikasi software Origin. Nilai pita serapan yang diperoleh digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk serta mengidentifikasi senyawa yang diharapkan. Pengelompokan gugus fungsi dari puncak spektrum *nanofiber* PVA dan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan didasarkan pada tabel 1.

Tabel 1. Gugus Fungsi Pada *Nanofiber* PVA dan Komposit *Nanofiber* PVA/Kitosan

Material	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi (cm ⁻¹)	Referensi
PVA	3200-3550	O-H	(Alavarse <i>et al.</i> , 2017)
	2907	C-H stretching	(Abdolrahimi <i>et al.</i> , 2018)
	1665	C=O amide I	(S. <i>et al.</i> , 2020)
	1342	C-H bending	(Nasikhudin <i>et al.</i> , 2017)
	1095	C-O	(Koosha <i>et al.</i> , 2015)
	856	C-C	(Nasikhudin <i>et al.</i> , 2017)
PVA/Kitosan	3325	O-H	(Nasikhudin <i>et al.</i> , 2017)
	2937	C-H stretching	(Qiu <i>et al.</i> , 2020)
	1650	C=O amide I	(Alavarse <i>et al.</i> , 2017)
	1573	N-H amide II	(Nasikhudin <i>et al.</i> , 2017)
	1327	C-H bending	(Nasikhudin <i>et al.</i> , 2017)
	1073	C-O	(Celik & Oksuz, 2015)
	848	C-C	(Nasikhudin <i>et al.</i> , 2017)

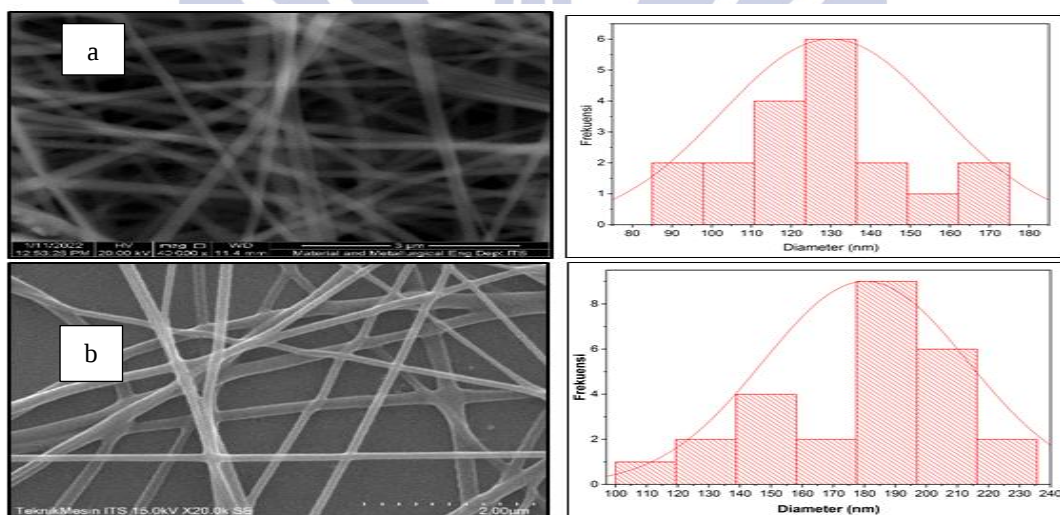


Gambar 3. a) Hasil uji Spektrum FTIR PVA b) PVA/Kitosan (21 kV)

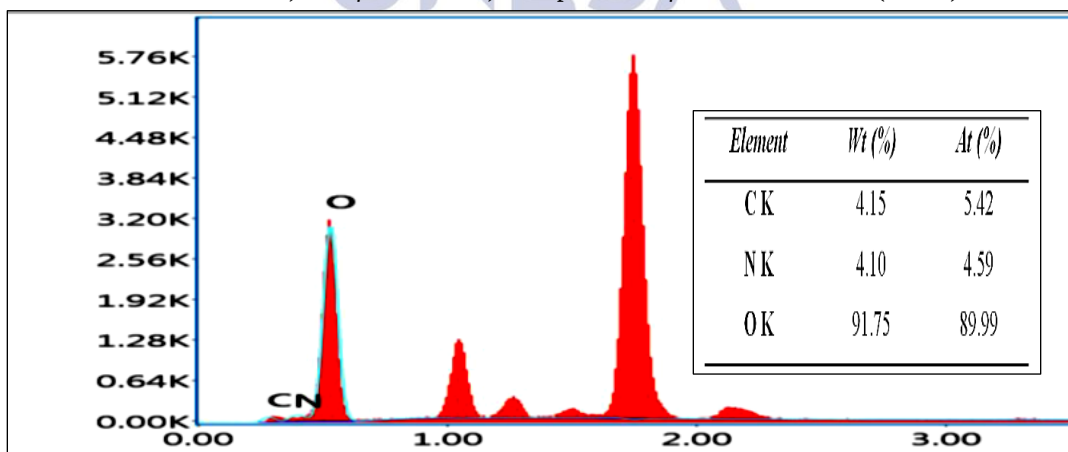
Pada **gambar 3.** diatas merupakan hasil uji spektrum FTIR pada masing-masing sampel. Terlihat pada **Gambar 3a.** merupakan spektrum FTIR dari *nanofiber* PVA murni dan **Gambar 3b.** komposit *nanofiber* PVA/Kitosan pada tegangan 21 kV. Spektrum FTIR dari *nanofiber* menggunakan kisaran rentang sebesar 500-3500 cm⁻¹. Berdasarkan **Gambar 3a.** Peregangan O-H ditunjukkan oleh pita lebar pada 3200-3550 cm⁻¹ dari ikatan hidrogen antarmolekul dan intramolekul. Puncak 1088,10 cm⁻¹ menunjukkan adanya kandungan *nanofiber* PVA, hal ini disebabkan oleh vibrasi dari ikatan C-O yang merupakan puncak sensitif kristalisasi dari PVA. PVA juga menunjukkan puncak karakteristik pada 2915, 23 dengan peregangan C-H, puncak 1636,49 cm⁻¹ pada C=O amide I. Pita 1324,75 cm⁻¹ dan 846,02 cm⁻¹ menunjukkan karakteristik gugus C-H dan C-C. Penelitian yang dilakukan oleh (S. *et al.*, 2020) dan (Das *et al.*, 2018)

menunjukkan bahwa puncak 3408 cm^{-1} (OH), 1658 cm^{-1} (C-O amide I), 1561 cm^{-1} (N-H amide II), 1320 cm^{-1} (peregangan C-H), 1060 cm^{-1} (gugus C-O), dimana puncak tersebut merupakan karakteristik dari kitosan. Sedangkan puncak pada $2915,23$ menunjukkan peregangan C-H Kitosan. Berdasarkan dari **Gambar 3b**. untuk komposit *nanofiber* PVA/Kitosan regangan pada $3200 - 3500\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan regangan O-H. Puncak pada $2919,48\text{ cm}^{-1}$ yaitu regangan C-H. Sedangkan pada puncak $1324,25\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan pita C-H. Pita serapan lebar pada $1030,17\text{ cm}^{-1}$ peregangan C-O dan puncak $824,77\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan getaran C-C dari PVA. Spektrum selanjutnya pada puncak $1508,22\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan penekukan N-H amide II, sedangkan pada puncak $1636,55$ menunjukkan peregangan C=O amide I. Pada hasil uji FTIR komposit *nanofiber* PVA/Kitosan yaitu pada **Gambar 3b**. telah diidentifikasi adanya gugus kitosan yaitu pada puncak $1508,22\text{ cm}^{-1}$, hal ini berarti komposit dari *nanofiber* PVA/Kitosan telah mengandung senyawa kitosan. PVA/ Kitosan puncak serapan khas muncul pada $3350,79\text{ cm}^{-1}$ yaitu getaran regangan O – H. Puncak serapan pada $3350,79\text{ cm}^{-1}$ yang tajam dan kuat menunjukkan terbentuknya ikatan hidrogen antara gugus kitosan dan gugus hidroksil PVA (Habiba *et al.*, 2019).

Morfologi atau struktur permukaan dari sampel *nanofiber* dikarakterisasi melalui pengujian SEM-EDX dan dianalisis menggunakan software ImageJ untuk mengetahui ukuran diameter material *nanofiber* PVA dan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan. Pada **Gambar 4**. menunjukkan hasil uji SEM pada *nanofiber* PVA dan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan pada tegangan 21 kV. Morfologi *nanofiber* yang terbentuk memperlihatkan permukaan yang halus dan tidak ada beads baik pada PVA murni dan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan. **Gambar 4a**. menunjukkan pada *nanofiber* PVA murni memiliki ukuran diameter *fibers* dengan rentang 80-185 nm, dan rata-rata diameter yang muncul yaitu sebesar 180,4 nm, sedangkan pada komposit *nanofiber* PVA/Kitosan yang ditunjukkan pada **Gambar 4b**. memiliki ukuran dengan rentang diameter *fibers* yakni 100-240 nm dengan rata-rata diameter *fibers* yaitu sebesar 130,1 nm. Ukuran diameter *nanofiber* cenderung lebih kecil setelah adanya penambahan kitosan, hal tersebut mengarah pada pengaplikasian sebagai *wound dressing*, dimana syarat dari *wound dressing* itu sendiri yaitu memiliki ukuran diameter *nanofiber* yang kecil, tidak ada atau sedikit beads, dan homogen.



Gambar 4. SEM a) *nanofiber* PVA b) Komposit *nanofiber* PVA/Kitosan (21 kV)



Gambar 5. Spektrum pada uji SEM-EDX komposit *nanofiber* PVA/Kitosan (21 kV)

Gambar 5. menunjukkan spektrum dari komposit *nanofiber* PVA/Kitosan pada tegangan 21 kV. Uji EDX bertujuan untuk mengetahui unsur yang terkandung pada sampel komposit. Material penyusun PVA/kitosan yang teridentifikasi yaitu C sebesar 4,15%, N sebesar 4,10%, dan O sebesar 91,75%. Unsur N menunjukkan adanya unsur kitosan pada komposit *nanofiber* PVA/Kitosan (Vatul *et al.*, 2022). Sedangkan persentase O yang tinggi menjelaskan adanya interaksi antara kitosan dan PVA. Puncak dari tiap unsur pada gambar menunjukkan bahwa telah terbentuk komposit dari *nanofiber* PVA/Kitosan.

Uji antibakteri dalam penelitian ini menggunakan metode yakni *International Standart ISO 22196*. Uji antibakteri dilakukan dengan tujuan untuk mengukur aktivitas dari antibakteri. Pada penelitian ini, bakteri yang digunakan pada komposit *nanofiber* PVA/Kitosan yaitu bakteri *Staphylococcus aureus* ($OD_{600\text{ nm}}$ 0.03). Bakteri *S. aureus* adalah bakteri patogen yang dapat ditemukan pada permukaan kulit manusia, misalnya bisul dan impetigo. Penelitian ini dilakukan dengan masa inkubasi selama 24 jam menggunakan suhu sebesar 35C. Sedangkan jumlah koloni pada bakteri dihitung menggunakan *colony counter* sesuai dengan *Standart Plate Count* (SPC). Pengujian dilakukan dengan memasukkan bakteri *Staphylococcus aureus* ke dalam media kultur NB (1/500). Suspensi bakteri diambil dan diletakkan pada *nanofiber* pada gelas objek didalam cawan petri yang sudah steril. Setiap 1 jam, cawan petri yang terdapat objek glass berlapis *nanofiber* yang telah ditambahkan kultur bakteri diatasnya diberi 100 μ l larutan *Phosphate Buffer Physiological Saline* dan dihomogenkan. Kemudian dihitung jumlah selnya dengan metode TPC dan seri pengenceran. Pada 3 tingkat pengenceran terakhir dalam tabung reaksi diambil 1 mL untuk dilakukan *plating* menggunakan media Nutrient Agar (NA).

Tabel 1. menunjukkan hasil uji pada kontrol atau tanpa adanya *nanofiber* dengan bakteri *S.aureus*. Sedangkan pada. **Tabel 2.** merupakan hasil uji antibakteri

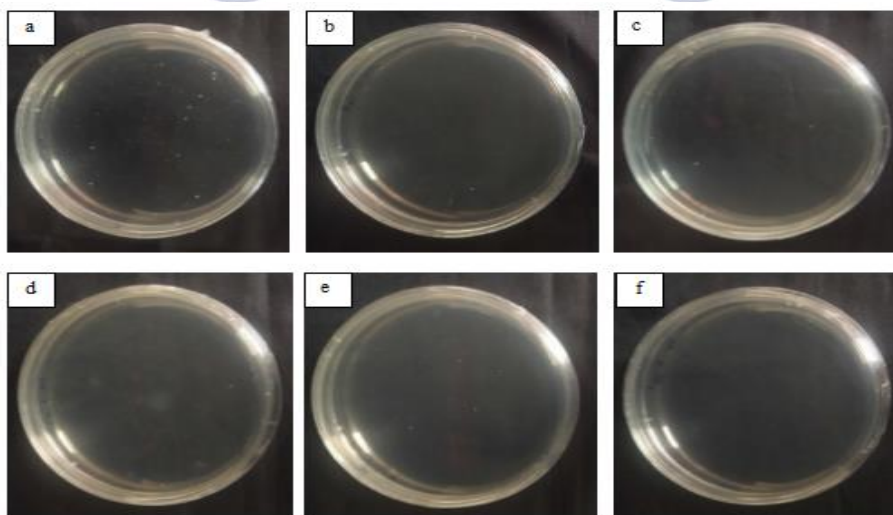
dengan menggunakan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan. Berdasarkan hasil yang didapatkan pada **Tabel 1.** Pada waktu inkubasi jam ke-0 jumlah koloni yaitu 4.0×10^6 . Sedangkan setelah adanya perlakuan penambahan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan pada **Tabel 2.** pada waktu inkubasi jam ke- 1 jumlah koloni yakni 2.7×10^6 . Hal ini menunjukkan jika terjadi penurunan pada aktivitas bakteri setelah adanya perlakuan penambahan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan.

Tabel 1. Hasil Uji Antibakteri Pada Kontrol (Tanpa *Nanofiber*) Terhadap Bakteri Uji *S.aureus*

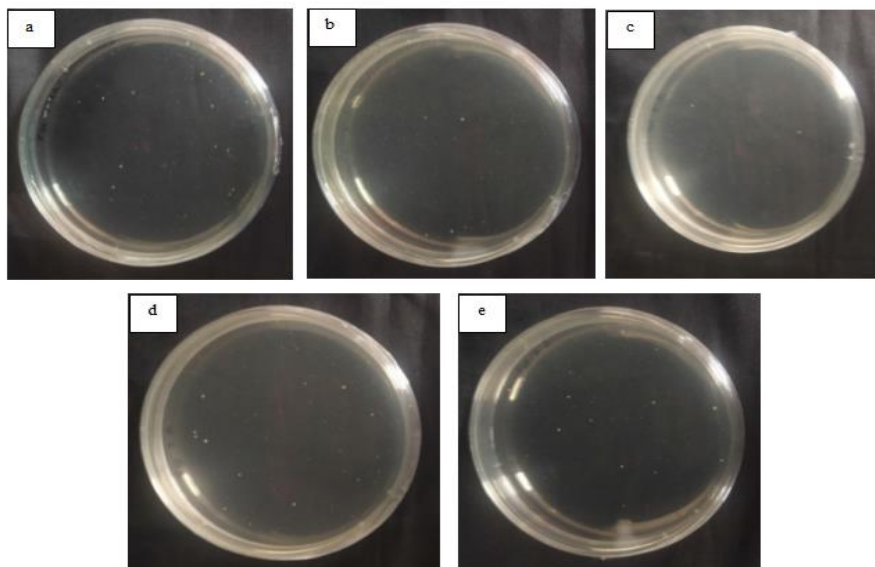
Jam ke-	10^4	SPC
0	345	4.0×10^6
1	28	2.8×10^5
2	40	4.0×10^5
3	35	3.5×10^5
4	29	2.9×10^5
5	23	2.3×10^5

Tabel 2. Hasil Uji Antibakteri Pada Sampel *Nanofiber* (PVA/Kitosan) Terhadap Bakteri Uji *S.aureus*

Jam ke-	10^4	SPC
1	278	2.7×10^6
2	335	3.2×10^6
3	73	7.3×10^5
4	184	1.8×10^6
5	229	2.6×10^6

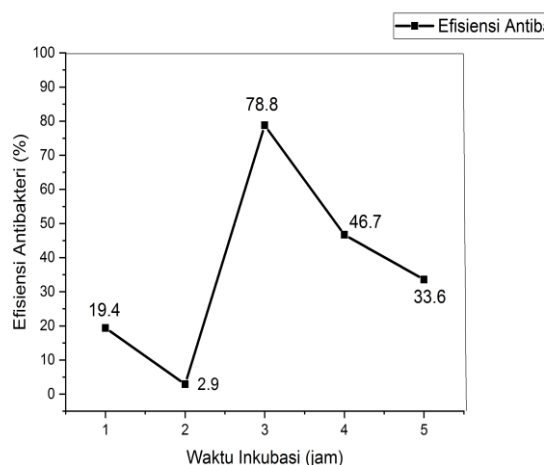


Gambar 6. Hasil uji antibakteri pada kontrol (tanpa *nanofiber*) terhadap bakteri uji *S.aureus* pada pengenceran 10^4
(a) 0 jam (b) 1 jam (c) 2 jam (d) 3 jam (e) 4 jam (f) 5 jam



Gambar 7. Hasil uji antibakteri pada sampel komposit *nanofiber* PVA/Kitosan terhadap bakteri uji *S.aureus* pada pengenceran 10^4 (a) 1 jam (b) 2 jam (c) 3 jam (d) 4 jam (e) 5 jam

Pada **Gambar 6.** menunjukkan hasil uji antibakteri sebagai kontrol (tanpa *nanofiber*) menggunakan bakteri *S.aureus*. Sedangkan pada **Gambar 7.** merupakan hasil uji antibakteri pada sampel komposit *nanofiber* PVA/Kitosan terhadap bakteri uji *S.aureus*. Jumlah koloni bakteri pada jam ke-0 yakni sebesar 345 ditunjukkan dengan **Gambar 6a.** dimana merupakan perlakuan kontrol tanpa *nanofiber* yang diberikan. Jumlah koloni bakteri pada waktu inkubasi jam ke-1 sebesar 278 yakni pada **Gambar 7a.** Pada **Gambar 7b.** jumlah koloni bakteri pada waktu inkubasi jam ke-2 sebesar 335. Selanjutnya jumlah koloni bakteri mengalami penurunan yang pesat menjadi sebesar 73 dengan waktu inkubasi jam ke-3 yang ditunjukkan oleh **Gambar 7c.** Jumlah koloni bakteri mengalami peningkatan setelah adanya perlakuan penambahan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan pada waktu inkubasi jam ke-4 dan ke-5 yakni sebesar 184 dan 229 yang ditunjukkan oleh **Gambar 7d** dan **7e.** Peningkatan jumlah koloni bakteri setelah adanya perlakuan penambahan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan pada waktu inkubasi jam ke-4 dan ke-5 dapat disebabkan karena setiap 1 jam masa inkubasi, bakteri diberikan nutrisi konsentrasi sehingga mempengaruhi pertumbuhan pada bakteri *S.aureus*. Pertumbuhan bakteri juga dapat dipengaruhi pada saat waktu inkubasi dan konsentrasi awal sehingga berpengaruh terhadap hasil uji antibakteri. Namun jumlah koloni bakteri terus mengalami penurunan setelah adanya penambahan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan dibandingkan dengan perlakuan kontrol tanpa *nanofiber* pada waktu inkubasi jam ke-0 dengan jumlah koloni bakteri sebesar 345. Hal ini menunjukkan jika komposit *nanofiber* PVA/Kitosan efektif digunakan sebagai antibakteri.



Gambar 8. Grafik efektivitas uji antibakteri sampel komposit *nanofiber* PVA/Kitosan pada bakteri *S.aureus*

Pada **Gambar 8.** menunjukkan efektivitas uji antibakteri sampel komposit *nanofiber* PVA/Kitosan pada bakteri *S.aureus*. Grafik diatas menunjukkan hubungan antara waktu inkubasi dan efisiensi antibakteri. Pada waktu inkubasi jam ke-3, sampel komposit *nanofiber* PVA/Kitosan terhadap bakteri *S.aureus* mencapai efektivitas maksimum yakni sebesar 78,8%. Hal ini menunjukkan jika, komposit *nanofiber* PVA/Kitosan efektif untuk digunakan sebagai *wound dressing* karena dapat menghambat aktivitas bakteri.

KESIMPULAN

Nanofiber yang dihasilkan dari proses elektrosinning menunjukkan komposit dari *nanofiber* PVA/Kitosan dengan variasi tegangan, pada tegangan 21 kV komposit *nanofiber* PVA/Kitosan memiliki nilai absorbansi yang tinggi dengan rentang panjang gelombang

200-300 nm, hal ini dibuktikan dengan uji UV Vis Spectrophotometer. Komposit *nanofiber* menunjukkan bahwa terdapat kandungan gugus fungsi dari PVA, kitosan dan komposit *nanofiber* PVA/Kitosan berdasarkan uji FTIR. Berdasarkan karakterisasi SEM-EDX menunjukkan bahwa *nanofiber* PVA/Kitosan pada tegangan 21 kV dapat digunakan sebagai *wound dressing*, hal ini dikarenakan ukuran diameter dari *fibers* yang kecil setelah adanya penambahan kitosan yaitu sebesar 130,1 nm, homogen, rapat, serta permukaan halus tanpa *beads*. Komposit *nanofiber* dengan tegangan 21 kV juga menunjukkan bahwa terdapat kandungan unsur dari kedua senyawa yaitu PVA dan kitosan. Komposit *nanofiber* PVA/Kitosan efektif sebagai *wound dressing* berdasarkan uji antibakteri yang telah dilakukan dengan efisiensi sebesar 78,8% pada waktu inkubasi jam ke-3.

SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dilakukan uji yang lengkap seperti dilakukan uji mekanis atau dilakukan uji antibakteri dengan metode yang berbeda yang digunakan sebagai *wound dressing*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Peneliti-peneliti sebelumnya terkait topik terkait, Laboratorium Material Jurusan Fisika dan Laboratorium Kimia Universitas Negeri Surabaya (UNESA), Laboratorium Teknik Mesin serta Laboratorium Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), serta Laboratorium Biologi Universitas Airlangga yang memberikan fasilitas untuk peneliti dalam proses pembuatan dan karakterisasi sampel dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdolrahimi, M., Seifi, M., & Ramezanzadeh, M. H. (2018). Study the effect of acetic acid on structural, optical and mechanical properties of PVA/chitosan/MWCNT films. *Chinese Journal of Physics*, 56(1), 221–230. <https://doi.org/10.1016/j.cjph.2017.12.018>
- Adeli, H., Khorasani, M. T., & Parvazinia, M. (2019). Wound dressing based on electrospun PVA/chitosan/starch nanofibrous mats: Fabrication, antibacterial and cytocompatibility evaluation and in vitro healing assay. *International Journal of Biological Macromolecules*, 122, 238–254. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.115>
- Alavarse, A. C., de Oliveira Silva, F. W., Colque, J. T., da Silva, V. M., Prieto, T., Venancio, E. C., & Bonvent, J. J. (2017). Tetracycline hydrochloride-loaded electrospun nanofibers mats based on PVA and chitosan for wound dressing. *Materials Science and Engineering C*, 77, 271–281. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.03.199>
- Biranje, S., Madiwale, P., & Adivarekar, R. V. (2017). Electrospinning of chitosan/PVA nanofibrous membrane at ultralow solvent concentration. *Journal of Polymer Research*, 24(6). <https://doi.org/10.1007/s10965-017-1238-z>
- Çay, A., Miraftab, M., & Perrin Akçakoca Kumbasar, E. (2014). Characterization and swelling performance of physically stabilized electrospun poly(vinyl alcohol)/chitosan nanofibres. *European Polymer Journal*, 61, 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2014.10.017>
- Celik, G., & Oksuz, A. U. (2015). Controlled release of ibuprofen from electrospun biocompatible nanofibers with in situ QCM measurements. *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry*, 52(1), 76–83. <https://doi.org/10.1080/10601325.2014.978200>
- Cooper, A., Oldinski, R., Ma, H., Bryers, J. D., & Zhang, M. (2013). Chitosan-based nanofibrous membranes for antibacterial filter applications. *Carbohydrate Polymers*, 92(1), 254–259. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.08.114>
- Das, P., Ojah, N., Kandimalla, R., Mohan, K., Gogoi, D., Dolui, S. K., & Choudhury, A. J. (2018). Surface modification of electrospun PVA/chitosan nanofibers by dielectric barrier discharge plasma at atmospheric pressure and studies of their mechanical properties and biocompatibility. *International Journal of Biological Macromolecules*, 114, 1026–1032. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.03.115>
- Dragostin, O. M., Samal, S. K., Dash, M., Lupascu, F., Pânzariu, A., Tuchilus, C., Ghetu, N., Danciu, M., Dubruel, P., Pieptu, D., Vasile, C., Tatia, R., & Profire, L. (2016). New antimicrobial chitosan derivatives for wound dressing applications. *Carbohydrate Polymers*, 141(January), 28–40. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.12.078>
- Habiba, U., Lee, J. J. L., Joo, T. C., Ang, B. C., & Afifi, A. M. (2019). Degradation of methyl orange and congo red by using chitosan/polyvinyl alcohol/TiO₂ electrospun nanofibrous membrane. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131, 821–827. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.132>
- Haziq Alias, M., Izwan Misnon, I., & Jose, R. (2020). Effect of PVDF-CA Ratio on Electrospun Membrane for Water–Oil Filtration Application. *Makara Journal of Technology*, 24(2), 87. <https://doi.org/10.7454/mst.v24i2.3845>
- Kenry, & Lim, C. T. (2017). Nanofiber technology: current status and emerging developments. *Progress in Polymer Science*, 70, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2017.03.002>

- Koosha, M., Mirzadeh, H., Shokrgozar, M. A., & Farokhi, M. (2015). Nanoclay-reinforced electrospun chitosan/PVA nanocomposite nanofibers for biomedical applications. *RSC Advances*, 5(14), 10479–10487. <https://doi.org/10.1039/c4ra13972k>
- Krisnandika, V. E. (2017). *PRODUKSI NANOFIBER DAN APLIKASINYA DALAM PENGOLAHAN AIR*. December. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1133804>
- Li, T. T., Yan, M., Zhong, Y., Ren, H. T., Lou, C. W., Huang, S. Y., & Lin, J. H. (2019). Processing and characterizations of rotary linear needleless electrospun polyvinyl alcohol(PVA)/Chitosan(CS)/Graphene(Gr) nanofibrous membranes. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(6), 5124–5132. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.08.035>
- Naeimi, A., Payandeh, M., Ghara, A. R., & Ghadi, F. E. (2020). In vivo evaluation of the wound healing properties of bio-nanofiber chitosan/ polyvinyl alcohol incorporating honey and *Nepeta dschuparensis*. *Carbohydrate Polymers*, 240(March), 116315. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116315>
- Nasikhudin, Kusumaatmaja, A., Diantoro, M., Kusumaatmaja, A., & Triyana, K. (2017). Effect of blend ratio on morphology and swelling properties of PVA/chitosan nanofibers. *Materials Science Forum*, 901 MSF, 79–84. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.901.79>
- Nur Izzah, M. F., Ahmad, H., Rahman, M. F. A., & Rahman, N. A. (2019). Electrospun poly (vinyl alcohol) nanofibers doped with mesoporous silica nanoparticles for controlled release of hydrophilic model drug. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 23(2), 212–218. <https://doi.org/10.17576/mjas-2019-2302-05>
- Pereao, O., Bode-Aluko, C., Laatikainen, K., Nechaev, A., & Petrik, L. (2019). Morphology, Modification and Characterisation of Electrospun Polymer Nanofiber Adsorbent Material Used in Metal Ion Removal. *Journal of Polymers and the Environment*, 27(9), 1843–1860. <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01497-w>
- Qiu, H., Zhu, S., Pang, L., Ma, J., Liu, Y., Du, L., Wu, Y., & Jin, Y. (2020). ICG-loaded photodynamic chitosan/polyvinyl alcohol composite nanofibers: Anti-resistant bacterial effect and improved healing of infected wounds. *International Journal of Pharmaceutics*, 588(August), 119797. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2020.119797>
- S., S., A., S. K., Nair, P. D., & Thomas, L. V. (2020). A nonadherent chitosan-polyvinyl alcohol absorbent wound dressing prepared via controlled freeze-dry technology. *International Journal of Biological Macromolecules*, 150, 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.292>
- Suja, P. S., Reshmi, C. R., Sagitha, P., & Sujith, A. (2017). Electrospun Nanofibrous Membranes for Water Purification. *Polymer Reviews*, 57(3), 467–504. <https://doi.org/10.1080/15583724.2017.1309664>
- Supriyanto, A., Murni, M. L., Marlina, F., & Pangga, D. (2018). Uji Biokompatibilitas Nanofiber Komposit Kitosan/PVA Sebagai Pembalut Luka. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 6(1), 37. <https://doi.org/10.33394/j-lkf.v6i1.934>
- Vatul, K., Istiqomah, N., & Kusumawati, D. H. (2022). *SINTESIS NANOFIBER KITOSAN / PVA SEBAGAI WOUND DRESSING DENGAN METODE ELEKTROSPINNING* Kholli Vatul Nur Istiqomah , Diah Hari Kusumawati. 11, 1–7.
- Xue, J., Wu, T., Dai, Y., & Xia, Y. (2019). Electrospinning and electrospun nanofibers: Methods, materials, and applications [Review-article]. *Chemical Reviews*, 119(8), 5298–5415. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00593>