



PEMINTALAN ELETRIK DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL-NANOFIBER DARI POLYVINYLPIRROLIDONE/EKSTRAK DAUN BINAHONG (PVP/BDE)

Srilistari^{1,3}, Muhammad Rama Almafie^{1,2}, Leni Marlina¹, Jaidan Jauhari² Ida Sriyanti^{1,2,*}

¹Magister Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya.

²Laboratorium Aplikasi Instrumentasi dan Nanoteknologi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya.

³SMP Negeri 1 Belitang Jaya

*Email Korespondensi: ida_sriyanti@unsri.ac.id

Abstract

Electrical spinning and characterization of nanoparticles and nanofibers from polyvinylpyrrolidone/binahong leaf extract (PVP/BDE) have been successfully carried out. Polyvinylpyrrolidone (PVP) is one of the most widely used polymers in the medical or pharmaceutical industry as a medicinal biomaterial for drug delivery. Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) (BDE) This plant known as madeira vine is believed to have antioxidant and antibacterial properties. The methodology has been successfully used to synthesize PVP/BDE nanoparticle and nanofiber composites. The composite was made by dissolving PVP with a concentration of 5% w/w (nanoparticles) and 20% w/w (nanofiber) with 0.13 (w/w) Binahong Leaf Extract (DBE) for each fiber. The morphology has been successfully observed, resulting in the physical appearance of nanofibers being smoother and having a homogeneous surface than nanoparticles. The shape of the nanoparticles is like dots with an average diameter of 553 ± 191 nm and the nanofibers are like continuous bands with a diameter of 1029 ± 192 nm. FTIR analysis showed that there were four peak changes in the range of 1300-1200 cm^{-1} , 1527-1353 cm^{-1} , 1850-1550 cm^{-1} , 3600-3000 cm^{-1} , which indicated that there was a bond stretching of the ester group, alkene group, amide group, and phenolic groups.

Keywords: Polymer, Morphology, Functional Group.

Abstrak

Telah berhasil dilakukan pemintalan elektrik dan karakterisasi nanopartikel dan nanofiber dari polyvinylpyrrolidone/ekstrak daun binahong (PVP/BDE). Polyvinylpyrrolidone (PVP) salah satu polimer yang paling banyak digunakan dalam industri medis atau farmasi sebagai biomaterial pengobatan untuk pengantar obat. Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) (BDE) Tanaman ini dikenal dengan sebutan madeira vine dipercaya memiliki kandungan antioksidan dan antibakteri. Metodologi telah berhasil digunakan untuk mensintesis komposit nanopartikel dan nanofiber PVP/BDE. Komposit dibuat dengan melarutkan PVP dengan konsentrasi 5 % b/b (nanopartikel) dan 20 % b/b (nanofiber) dengan setiap serat diberi ekstrak Daun Binahong (DBE) sebanyak 0.13 (b/b). Morfologi berhasil diobservasi menghasilkan penampakan fisik nanofiber lebih halus dan permukaan homogeny dari pada nanopartikel. Bentuk nanopartikel seperti titik-titik dengan diameter rata-rata 553 ± 191 nm dan nanofiber seperti pita kontinu dengan diameter 1029 ± 192 nm. Analisis FTIR menunjukkan adanya empat perubahan puncak pada rentang 1300-1200 cm^{-1} , 1527-1353 cm^{-1} , 1850-1550 cm^{-1} , 3600-3000 cm^{-1} mengidentifikasi ada perenggan ikatan dari gugus ester, gugus alkena, gugus amida, dan gugus fenolik.

Kata kunci: Polimer, Morfologi, Gugus Fungsi.

Cara Menulis Sitasi: Srilistari (2021). Pemintalan Elektrik Dan Karakterisasi Nanopartikel-Nanofiber Dari Polyvinylpyrrolidone/Ekstrak Daun Binahong (PVP/BDE). *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 8 (2) hal. 155-167

PENDAHULUAN

Electrospinning terdiri dari sumber tegangan tinggi, kolektor, pompa, penyemprot dengan jarum tunggal (Ramakrishna et al., 2005). Sedangkan komponen pendukung lainnya dari electrospinning seperti kamera charge-couple device (CCD), monitor, dan sensor kelembaban (Almafie et al., 2020). Pembuatan nanopartikel dan seratan nano melalui metode electrospinning yaitu dengan cara memberikan muatan pada larutan polimer yang kemudian akan dijatuhkan dari suntikan dalam daerah yang memiliki medan listrik tinggi (Aruan et al., 2017; Ida Sriyanti et al., 2021). Gaya listrik akibat muatan bebas atau ion di permukaan suatu larutan polimer memanfaatkan gaya listrik yang nantinya apabila dikenai beda potensial yang sangat tinggi, larutan polimer yang bermuatan ini tertarik menuju kolektor dan membentuk serat polimer (Jauhari et al., 2019, 2021; Lu et al., 2017; Ramakrishna et al., 2005). Mekanisme dalam proses electrospinning diawali dari memasukkan larutan polimer kedalam penyuntik. Kemudian hubungkan penyuntik dengan pompa pendorong. Selanjutnya, hubungkan sumber tegangan DC ke jarum penyuntik. Jarum penyuntik berperan sebagai elektroda positif sedangkan drum berperan sebagai elektroda negatif. Ketika kedua elektroda diberi sumber tegangan listrik yang tinggi maka larutan polimer yang mulanya bermuatan netral akan mengalami polarisasi karena adanya beda potensial dari kedua elektroda (Jackson et al., 2021; López-Calderón et al., 2020; Ong et al., 2018). Ketika jarum dihubungkan dengan kutub positif dari sumber tegangan DC maka ion-ion positif akan terkumpul di permukaan larutan, sedangkan ion-ion negatif terkumpul dibagian tengah. Serat yang dihasilkan melalui electrospinning dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya parameter larutan, parameter proses dan parameter lingkungan. Parameter larutan meliputi, konduktivitas, viskositas dan tegangan permukaan. Sedangkan parameter proses seperti, potensial listrik di ujung jarum suntik, tekanan hidrostatik pada tabung penyuntik, jarak antara ujung jarum dan drum. Terakhir parameter lingkungan seperti, suhu, kelembaban dan kecepatan udara di ruang electrospinning (Huan et al., 2015; Lamura et al., 2021).

Serat nano memiliki ukuran diameter kurang dari 100 nm dengan luas permukaan yang besar serta ukuran pori yang sangat kecil sehingga mampu menghalangi bakteri dan menyerap cairan pada kulit dengan lebih baik bila dibandingkan dengan hidrogel ataupun lapisan tipis penutup luka lainnya (Bonan et al., 2015; Duan et al., 2020; Lu et al., 2017). Keunggulan lain dari serat nano sebagai penutup luka yaitu struktur serat mirip dengan jaringan kulit asli (matriks ekstraseluler) sehingga dapat mendorong perkembangbiakan sel epitel dan pembentukan jaringan baru dan mendukung hemostasis jaringan pada luka (Han et al., 2018; Tran et al., 2019). Dalam bidang biomedis, serat nano dapat diaplikasikan sebagai rekayasa jaringan, penutup luka, ataupun pengontrol pelepasan dan pengiriman obat di dalam tubuh (Liu et al., 2017). Serat nano sebagai penutup luka sangat efektif dengan ukurannya pori nanometer karena strukturnya yang nano dapat menghambat perkembangbiakan bakteri. Pada penelitian sebelumnya membuktikan bahwa ukuran diameter dan celah serat yang semakin kecil dibutuhkan sebagai tempat melekatnya sel (Liu et al., 2017; Pant et al.,

2019; Wang et al., 2018). Nanopartikel didefinisikan sebagai partikulat yang terdispersi padatan dengan ukuran partikel berkisar 10 – 100 nm (Wu et al., 2019; Zou et al., 2020). Ukuran partikel yang sangat kecil tersebut dimanfaatkan untuk mendesain dan menyusun atau memanipulasi material sehingga dihasilkan material dengan sifat dan fungsi baru. Dua hal utama yang membedakan antara nanopartikel dan bahan curah yang sebanding, karena ukurannya yang kecil, dibandingkan dengan partikel yang setara dalam ukuran besar, nanopartikel diberikan hubungan permukaan dan volume yang lebih besar. Itu meningkatkan reaksi nanopartikel. Nanopartikel bervariasi dari bahan curah yang sebanding dalam dua cara: (a) Karena ukurannya yang kecil, nanopartikel memiliki rasio luas permukaan terhadap volume yang lebih besar daripada partikel yang lebih besar. Hal ini membuat nanopartikel lebih reaktif. Karena hanya atom-atom itu yang bersentuhan langsung dengan bahan lain, reaktivitas suatu bahan diatur oleh atom-atom di permukaan; (b) ketika ukuran partikel mendekati orde nano, aturan fisika yang berlaku didominasi oleh persamaan fisika kuantum (Canalli Bortolassi et al., 2019).

Polyvinylpyrrolidone (PVP) salah satu polimer yang paling banyak digunakan dalam industri medis atau farmasi sebagai biomaterial pengobatan untuk pengantar obat (drug delivery) dan mempercepat penyembuhan luka (wound healing) (Dai et al., 2012; Iqbal et al., 2021), dipilih sebagai polimer pengikat karena larut dalam air, dan memiliki sitotoksitas yang sangat rendah, biokompatibilitas, responsif, kapasitas adsorpsi yang kuat, dan biodegradable sangat baik (Bonan et al., 2015; Hackl and Ermolina, 2019). PVP memiliki nama lain povidone, kollidon, polyvidone, 1-vinyl-2-pyrrolidone dan polimer dengan rumus kimia $(C_6H_9NO)_n$ (Doderio et al., 2020; Kurakula and Rao, 2020). PVP berupa serbuk putih, tidak berbau atau berbau lemak, tidak berasa, dan memiliki bobot molekul berkisar antara 2.500 sampai 3.000.000 (Knopp et al., 2015). Selain larut dalam air, PVP dalam larut dalam metanol, etanol, propanol, butanol, asam asetat, asam formik, dan asam propionik, serta tidak larut dalam etil asetat, aseton, dan dietil eter (Campardelli et al., 2019; Haaf et al., 1985).

Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) merupakan tanaman menjalar dan berumur panjang bisa mencapai ± 5 m (Hanafiah et al., 2019; Leliqia et al., 2017). Morfologi binahong berdaun tunggal, terletak berseling, bertangkai sangat pendek (subsessile), bentuk jantung (cordata), panjang 5-10 cm, lebar 3-7 cm, ujung runcing, pangkal berlekuk (emarginatus), tepi rata, helaian daun tipis lemas, permukaan licin, bisa dimakan. Batang tanaman binahong lunak, bentuk silindris, saling membelit, berwarna merah, dan bagian solid dengan permukaan halus (Leliqia et al., 2017). Manfaat tanaman ini sangat besar dalam dunia pengobatan, secara empiris binahong dapat menyembuhkan berbagai jenis penyakit. Tanaman ini dikenal dengan sebutan madeira vine dipercaya memiliki kandungan antioksidan tinggi dan antibakteri (Dwitiyanti et al., 2019; Leliqia et al., 2017). Beberapa penyakit yang dapat disembuhkan dengan menggunakan tanaman ini adalah kerusakan ginjal,

diabetes, pembengkakan jantung, muntah darah, tifus, stroke, wasir, reumatik, pemulihan pasca operasi, pemulihan pasca melahirkan, menyembuhkan segala luka, radang usus dan meningkatkan vitalitas dan daya tahan tubuh (Hasibuan et al., 2020; Manurung et al., 2020). Skring fitokimia daun dinahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) dengan melakukan maserasi terhadap serbuk kering daun dengan menggunakan pelarut n-heksana dan metanol didapatkan kandungan ekstrak kimia (BDE) berupa saponin, triterpenoid, flavonoid, dan minyak atsiri (Dwitiyanti et al., 2019) (Aruan et al., 2017).

Dalam studi ini, kami mengkompositkan selulosa asetat dan ekstrak daun binahong (PVP/EDB) melalui pemintalan elektrik. Nanopartikel dan nanofiber CA/EDB berhasil dikarakterisasi dalam dua konsentrasi yang berbeda. Morfologi diobservasi dan strukturnya menggunakan mikroskop fluoresensi (MiF) dan Fourier transformasi spektrofotometer inframerah (FT-IR).

METODE EKSPERIMEN

Material

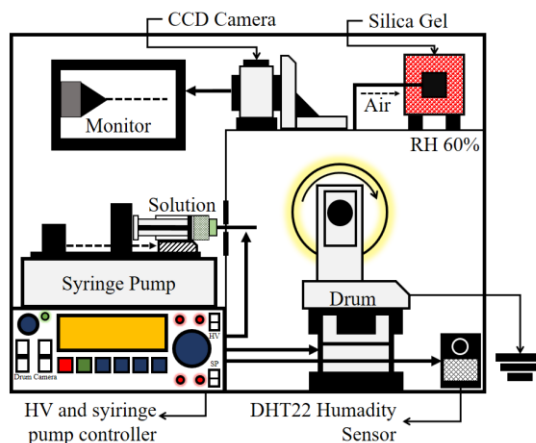
Persiapan eksperimen terdiri dari daun binahong (*Anredera Cordifolia* (Ten.) Steenis) dibeli dari pasar local Etanol (C_2H_5OH) konsentrasi 96%. Selulosa asetat (MW) 50.000, asam asetat konsentrasi 90% dan Etanol (C_2H_5OH) konsentrasi 90% diperoleh dari Sigma Aldrich, Singapura. Semua material merupakan material analisis tanpa pemurnian lebih lanjut.

Persiapan Ekstrak Daun Binahong

Metode maserasi digunakan dalam mengekstrak binahong, dengan daun sebagai bagian tumbuhan yang dimanfaatkan. Daun dikeringkan selama 14 hari dibawah sinar matahari. Setelah kering, daun direndam menggunakan pelarut ethanol 96% selama 3 hari, dengan terlebih dahulu di potong kecil-kecil agar senyawa aktif lebih mudah larut. Terlarutnya seluruh senyawa aktif, ditandai dengan terpisahnya antara etanol dan daun dalam bentuk cair. Hal ini menandakan pelarut tidak dapat lagi mengikat senyawa aktif. Ekstrak daun binahong dalam bentuk pasta diperoleh setelah pelarut diuapkan menggunakan rotary evaporator dengan suhu $40^{\circ}C$. Hasil ekstrak diberi label BDE.

Komposit Nanopartikel dan Nanofiber

Selulosa asetat dan ekstrak daun binahong (PVP/BDE) dibuat dengan melarutkan PVP dengan konsentrasi 5 % (b/b) dan 20 % (b/b) dengan setiap serat diberi ekstrak Daun Binahong (DBE) sebanyak 0.13 (b/b) ke dalam asam asetat Kemudian dilarutkan menggunakan pelarut asam asetat pada hotplate-magnetic stirring (Therumo Sci., Japan) dengan suhu $80^{\circ}C$, selama 24 jam dan kecepatan konstan 300 rpm dan diberi label nanopartikel dan nanofiber pada masing-masing larutan. Larutan sebanyak 8 ml dimasukkan ke dalam suntikan untuk diproses menggunakan elektrospinning Nacriebe Electropsinning 601 (Indonesia).



Gambar 1. Ilustrasi skema peralatan electrospinning. (Almafie, 2020)

Gambar 1 menunjukkan skematik peralatan electrospinning terdiri dari dari catu daya tegangan tinggi, jarum suntik dengan diameter jarum 0,8 mm, pompa jarum suntik, dan kolektor berputar berlapis aluminium. Pemintalan larutan diberi sumber potensial tinggi sebesar 10 kV DC agar mengandung muatan terinduksi. Laju alir diatur sebesar 0,35 mL/jam dan jarak collector sebesar 18 cm dari ujung jarum suntik, hal ini diperlukan agar larutan mempunyai muatan bernilai kritis ditandai dengan terbentuknya Taylor cone pada ujung jarum suntik. Nanopartikel dan serat nano akan terbentuk pada kolektor yang mempunyai potensial rendah serta pemintalan selama 8 jam. Peralatan dikontrol pada suhu ruang dan kelembaban ($25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, RH 50%).

Karakterisasi

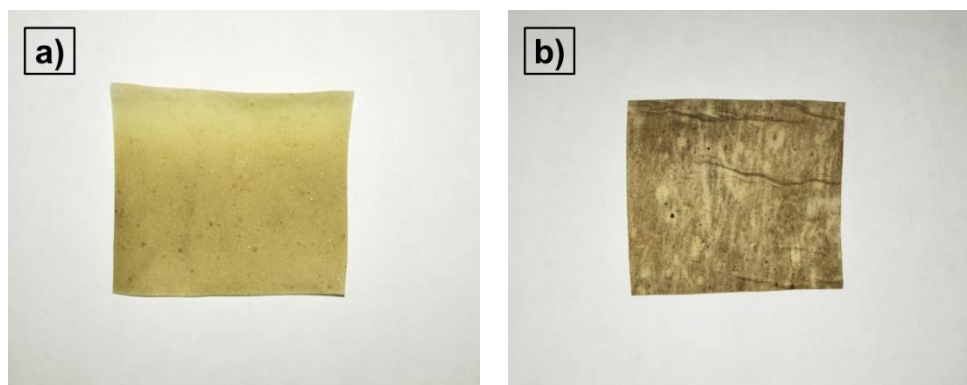
Karakterisasi mikroskop fluoresensi (MiF) untuk mengetahui profil permukaan, morfologi, dan ukuran distribusi diameter serat dan partikel. Distribusi rata-rata serat nano diukur menggunakan bantuan perangkat lunak Image J1 (Nasional Institutes of Health, USA) dan Origin Pro 2018 (Origin Lab Corporation, USA). Analisis Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) digunakan untuk mengidentifikasi senyawa dan mendeteksi gugus fungsi dan menganalisis campuran sampel. Alat FTIR yang digunakan untuk karakterisasi sampel yaitu merek Alpha II Bruker ATR A220/D-01, USA. Bilangan gelombang yang digunakan berada pada kisaran $500\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$. Data transmitansi yang diperoleh dari berbagai sampel kemudian dianalisis ikatannya dan dibandingkan dengan mengetahui apakah terdapat perubahan pada struktur ikatannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nanopartikel dan Nanofiber PVP/BDE

Elektrospinning Nacriebe Electropsinning 601 (Bandung, Indonesia) berhasil mengubah larutan komposit Polivinilpirolidon mengandung Ekstrak Daun Binahong (PVA/EDB) menjadi serat nano melalui proses pemintalan elektrik selama 10 jam dengan ragam perbedaan konsentrasi polimer, tegangan listrik (HV), laju alir dan jarak ujung jarum ke drum kolektor (Aruan et al., 2017; Jauhari et

al., 2021). Pada proses electrospinning, pendorong dengan laju alir yang ditetapkan akan mendorong suntikan hingga larutan keluar menuju ujung jarum. Sumber tegangan tinggi dihubungkan ke ujung jarum yang diberikan muatan positif dan kolektor diberikan muatan negatif. Muatan yang berada diujung jarum akan menginduksi larutan[]. Taylor cone jet akan terbentuk, ketika besarnya muatan sebanding dengan tegangan permukaan. Jika muatan yang terkandung sangat banyak melebihi tegangan permukaan maka terjadi emisi dari ujung jarum menyebabkan larutan keluar melalui ujung jarum. Jet tersebut ditarik dan berkumpul di permukaan drum kolektor.



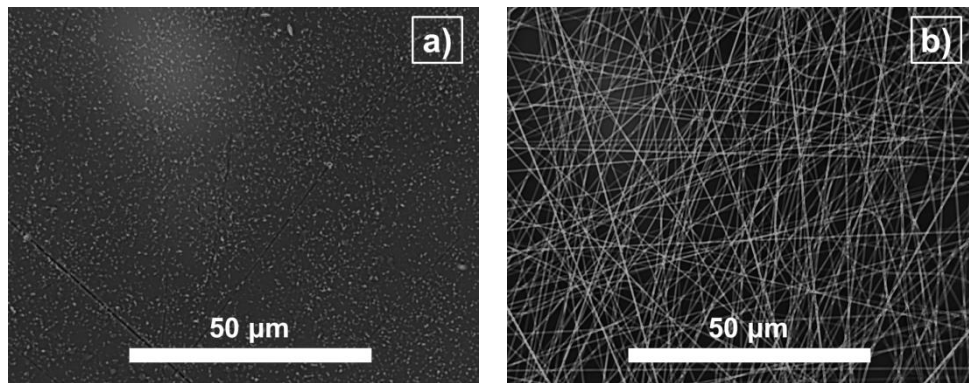
Gambar 2 . Morfologi Diameter PVP/EBD sebagai (a) Nanopartikel dan (b) Nanofiber.

Gambar 2 memperlihatkan hasil pemintalan PVP/EDB sebagai nanopartikel dan nanofiber pada konsentrasi 5% dan 20%. Hasil pemintalan menunjukkan permukaan alas berwarna kuning-kehijauan. Perubahan warna ini disebabkan karena penambahan ekstrak daun binahong (EDS) masuk kedalam matriks polimer(Aruan et al., 2017; Jauhari et al., 2021). Selain itu, penampakan fisik nanofiber lebih halus, permukaan homogen dari pada nanopartikel. Setiap hasil pemintalan disimpan dalam kamar kedap udara (Krisbow Dry-Cabine AD-080, Indonesia) dengan kondisi lingkungan penyimpanan terkontrol (kelembaman 40% dan Suhu 30°C).

Morfologi dan Distribusi PVP/BDE

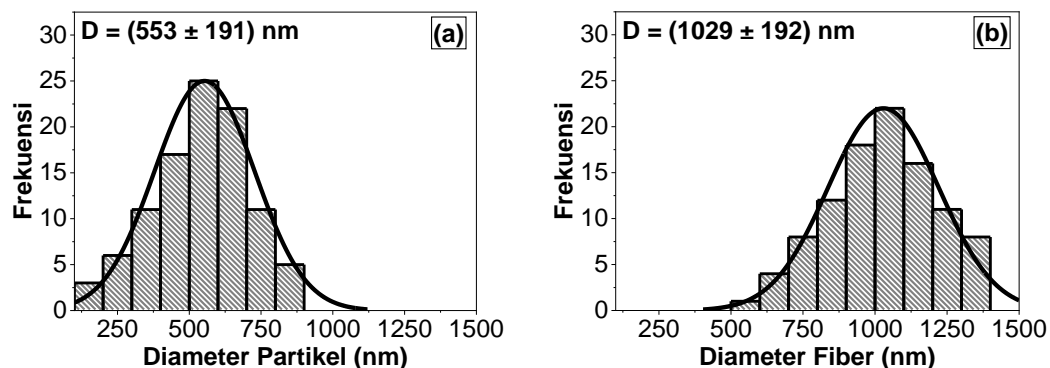
Morfologi dan distribusi PVP/EBD berhasil diamati menggunakan Mikroskop Fluoresensi, dapat dilihat pada gambar 3. Parameter proses yang digunakan dalam pemintalan terdiri dari jarak jarum suntik terhadap kolektor sebesar 18 cm, laju alir 0,35 mL/jam, tegangan 10 kV DC serta parameter lingkungan seperti kelembaman RH 40% dan suhu 30°C terkontrol. Gambar 3a merupakan nanopartikel mempunyai konsentrasi 5% (b/b) diperlihatkan bentuk titik-titik, dan gambar 3b merupakan serat nano mempunyai konsentrasi 20% (b/b) diamati bentuk serat seperti pita kontinu. Laporan tersebut ditegaskan oleh penelitian sebelumnya bahwa perbedaan konsentrasi mempengaruhi bentuk morfologi yang dihasilkan. Karena larutan dengan konsentrasi polimer rendah memiliki viskositas yang buruk dan sedikit ikatan rantai polimer, proses pemanjangan selama pemintalan listrik tidak sempurna, menghasilkan produksi manik-manik serat(Aruan et al., 2017; Jauhari et al., 2019). Selanjutnya, peningkatan tegangan permukaan mengurangi luas permukaan larutan satuan massa. Jika

molekul pelarut bebas kaya akan polimer, molekul pelarut cenderung mengelompok dan membentuk serat yang mengandung butiran serat (Khil et al., 2003; Nemati et al., 2019).



Gambar 3. Distribusi Diameter PVP/EBD sebagai (a) Nanopartikel dan (b) Nanofiber.

Distribusi ukuran diameter dengan distribusi ukuran diameter serat mulai dari 100 hingga 1500 ditunjukkan pada Gambar 4. Distribusi diameter nanopartikel dan nano serat yang diamati memiliki koefisien varians (cv) dengan harga 0,35 dan 0,19. Ini berarti, menunjukkan bahwa nanopartikel tidak berdistribusi secara homogen dan nanofiber berdistribusi secara homogen. Diameter rata-rata (d) bagian nanopartikel dan nanosat adalah 553 nm, 1029 nm. Sedangkan standar deviasi masing-masing adalah 191 nm dan 192 nm. Koefisien varian ditentukan oleh perbandingan rasio antara standar deviasi terhadap diameter rata-rata, dimana koefisien varian lebih kecil dari 0,3 maka serat dikategorikan homogen (Matulevicius dkk., 2016; Ida Sriyanti dkk., 2020). Telah ditemukan bahwa peningkatan konsentrasi larutan polimer menyebabkan diameter rata-rata yang lebih besar. Hal ini terkait dengan peningkatan rantai polimer larutan ketika konsentrasinya lebih tinggi (Jauhari et al., 2019, 2021; I. Sriyanti et al., 2020). Dampak substansial lebih lanjut pada konsentrasi larutan keseluruhan adalah penambahan 0.1% BDE, meningkatkan diameter serat rata-rata.



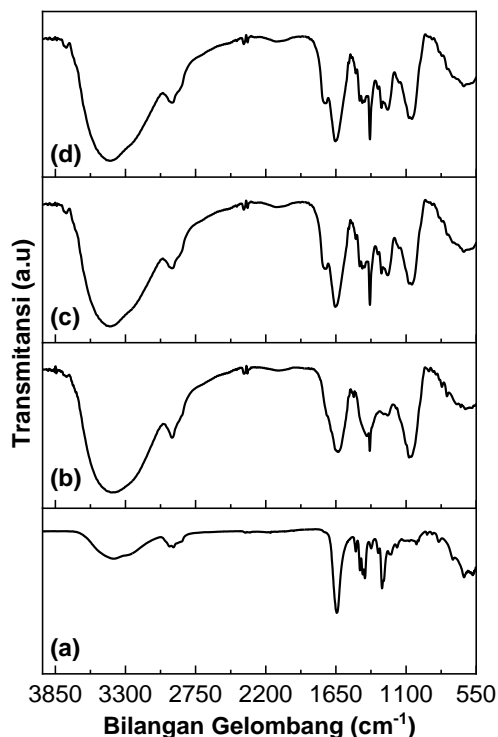
Gambar 4. Distribusi Diameter PVP/EBD sebagai (a) Nanopartikel dan (b) Nanofiber.

Konsentrasi larutan polimer yang rendah menghasilkan viskositas rendah dengan jumlah molekul pelarut lebih dominan dibandingkan dengan molekul polimer, akibatnya ikatan rantai yang lebih sedikit sehingga disepanjang serat memiliki kecenderungan membentuk belitan polimer yang

dikenal sebagai manik-manik (Jauhari et al., 2019; Luraghi et al., 2021; Ida Sriyanti et al., 2018). Dalam konsentrasi yang lebih ekstrim polimer tidak menghasilkan manik-manik, melainkan nanopartikel. Akibatnya bentuk permukaan yang dihasilkan tidak rata, tidak homogeny dan diameter jauh lebih kecil (Ibrahim and Klingner, 2020). Ketika konsentrasi larutan polimer meningkat yang berarti jumlah molekul polimer bertambah banyak sehingga viskositas meningkat, pada kondisi ini molekul pelarut terdistribusi secara merata diantara rantai polimer berikatan, hal ini mengakibatkan belitan berkurang yang menghasilkan bentuk serat lebih halus dan homogen dan diameter lebih besar seperti pita kontinu (Pusporini et al., 2018).

Analisis FTIR Nanopartikel dan Nanofiber PVP/BDE

Spektrum FTIR dari PVP dengan puncak-puncak karakteristik bilangan gelombang, yaitu 3391 cm^{-1} , 2955 cm^{-1} , 1650 cm^{-1} , 1418 cm^{-1} , 1280 cm^{-1} , dan 642 cm^{-1} . Puncak lebar pada bilangan gelombang 3390 cm^{-1} menunjukkan perenggangan O-H pada gugus hidroksil. Kemunculan gugus hidroksil dalam spektrum FTIR merupakan sebab-akibat dari polimer bersifat hidrofilik yang mana kemungkinan hasil kontribusi interaksi antara PVP terhadap kelembaban udara. Pada puncak bilangan gelombang 2824 cm^{-1} dan 1643 cm^{-1} menunjukkan peregangan ikatan asimetris CH_2 dan peregangan ikatan $\text{C}=\text{O}$ dari gugus amida (Kakran et al., 2013). Puncak-puncak pada 1421 dan 1288 adalah masing-masing pelebaran ikatan C-H dari gugus metil dan goyangan lentur CH_2 (Koczur et al., 2015). Serta puncak 1018 cm^{-1} , 843 cm^{-1} dan 578 cm^{-1} mengidentifikasi masing-masing pembengkokan ikatan CH_2 , ikatan C-H dari gugus aromatik dan pembengkokan ikatan C-N pada gugus $\text{N}-\text{C}=\text{O}$ (Kakran et al., 2013). Puncak-puncak karakteristik spektrum FTIR dari EDB mengidentifikasi puncak-puncak khas pada bilangan gelombang, yaitu 1626 cm^{-1} , 1513 cm^{-1} , 1384 cm^{-1} , 1246 cm^{-1} . Bilangan gelombang 1384 cm^{-1} , 1246 cm^{-1} , masing-masing menunjukkan pembengkokkan ikatan $=\text{C}-\text{H}$ dari gugus alkana dan pembengkokkan ikatan $=\text{C}-\text{H}$ dari gugus aromatic (Veronita et al., 2017). Puncak tajam bilangan gelombang 1627 cm^{-1} merupakan regangan ikatan $\text{C}=\text{C}$ dari gugus alkana dan puncak lemah pada 1510 cm^{-1} merupakan regangan ikatan $\text{C}=\text{C}$ dari gugus aromatik. Sedangkan, puncak spesifik meluas pada bilangan gelombang 3390 cm^{-1} merepresentasikan regangan ikatan O-H dari gugus hidroksil.



Gambar 5. Spektra XRD (a) PVP, (b) BDE, dan PVP/BDE sebagai (c) Nanopartikel, (d) Nanofiber.

Spektrum FTIR PVP/EDB yaitu, nanopartikel dan nanofiber mempunyai kemiripan puncak-puncak bilangan gelombang pada spektrum FTIR CA dan EDB yang dapat dilihat pada gambar 5. Sintesis kedua bahan ini menghasilkan spektrum baru dimana puncak transmisi mengalami penguatan dan pelemahan serta pergeseran bilangan gelombang. Hasil FTIR ini setidaknya memiliki empat perubahan puncak. Perubahan pertama pada 1300-1200 cm^{-1} dengan karakteristik puncak semakin menguat dengan bilangan gelombang bergeser ke arah yang lebih besar yaitu 1643 cm^{-1} (nanopartikel) ke 1655 cm^{-1} (nanofiber) mengindikasikan peregangan ikatan C-H dari gugus ester. Perubahan kedua pada 1527-1353 cm^{-1} memperlihatkan puncak tajam yang semakin menumpul hal ini juga menurunkan bilangan gelombang pada peregangan ikatan =C-H gugus alkena, yang spesifik berasal dari CA. Perubahan ketiga pada 1850-1550 cm^{-1} memperlihatkan bentuk puncak nanopartikel lebih kuat dari nanofiber dengan bilangan gelombang bergeser dari 1644 cm^{-1} (nanopartikel) ke 1662 cm^{-1} (nanofiber) dan 1740 cm^{-1} (nanopartikel) ke 1779 cm^{-1} (nanofiber) dan 1732 cm^{-1} masing-masing menunjukkan perengangan ikatan C=O dari gugus amida, dimana puncak ini berasal dari PVP. Perubahan keempat pada rentang 3600-3000 cm^{-1} dapat dilihat dari bentuk puncak nanopartikel lebih kuat dari nanofiber. Perubahan ini mengindikasikan kandungan gugus fenolik semakin banyak. Disisi lain, bilangan gelombang puncak hidroksil bergeser ke arah yang lebih kecil dari 3420 cm^{-1} (nanopartikel) ke 3440 cm^{-1} (nanofiber).

KESIMPULAN

Sintesis PVP/BDE menggunakan metode electrospinning telah berhasil dilakukan. Penampakan fisik nanofiber lebih halus, permukaan homogen dari pada nanopartikel. Nanopartikel dan nanofiber memiliki warna kuning-kehijauan. Perubahan warna ini disebabkan karena penambahan ekstrak daun binahong (EDS) masuk kedalam matriks polimer. Citra MiF menunjukkan nanopartikel berbentuk titik-titik, dan nanofiber berbentuk seperti pita kontinu. Diameter rata-rata nanopartikel 910 nm dan nanofiber 1123 nm. Analisis FTIR PVP/BDE menunjukkan adanya empat perubahan puncak yaitu, pertama pada rentang 1300-1200 cm^{-1} dengan perenggangan ikatan C-H dari gugus ester, kedua pada rentang 1527-1353 cm^{-1} menunjukkan peregangan ikatan =C-H gugus alkena, ketiga pada rentang 1850-1550 cm^{-1} memperlihatkan perenggangan ikatan C=O dari gugus amida dan keempat rentang 3600-3000 cm^{-1} mengindikasikan kandungan gugus fenolik.

DAFTAR PUSTAKA

- Almafie, M. R., Nawawi, Z., Jauhari, J., and Sriyanti, I. (2020): Electrospun of Poly (vinyl alcohol)/ Potassium hydroxide (PVA/KOH) nanofiber composites using the electrospinning method, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **850**, 012051. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/850/1/012051>
- Aruan, N. M., Sriyanti, I., Edikresnha, D., Suciati, T., Munir, M. M., and Khairurrijal, K. (2017): Polyvinyl Alcohol/Soursop Leaves Extract Composite Nanofibers Synthesized Using Electrospinning Technique and their Potential as Antibacterial Wound Dressing, *Procedia Engineering*, **170**, 31–35. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.006>
- Bonan, R. F., Bonan, P. R. F., Batista, A. U. D., Sampaio, F. C., Albuquerque, A. J. R., Moraes, M. C. B., Mattoso, L. H. C., Glenn, G. M., Medeiros, E. S., and Oliveira, J. E. (2015): In vitro antimicrobial activity of solution blow spun poly(lactic acid)/polyvinylpyrrolidone nanofibers loaded with Copaiba (*Copaifera* sp.) oil, *Materials Science and Engineering C*, **48**, 372–377. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.12.021>
- Campardelli, R., Reverchon, E., and De Marco, I. (2019): PVP microparticles precipitation from acetone-ethanol mixtures using SAS process: Effect of phase behavior, *Journal of Supercritical Fluids*, **143**(September 2018), 321–329. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.09.010>
- Canalli Bortolassi, A. C., Guerra, V. G., Aguiar, M. L., Soussan, L., Cornu, D., Miele, P., and Bechelany, M. (2019): Composites Based on Nanoparticle and Pan Electrospun Nanofiber Membranes for Air Filtration and Bacterial Removal, *Nanomaterials* . <https://doi.org/10.3390/nano9121740>
- Dai, X. Y., Nie, W., Wang, Y. C., Shen, Y., Li, Y., and Gan, S. J. (2012): Electrospun emodin polyvinylpyrrolidone blended nanofibrous membrane: A novel medicated biomaterial for drug delivery and accelerated wound healing, *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, **23**(11), 2709–2716. <https://doi.org/10.1007/s10856-012-4728-x>
- Dodero, A., Brunengo, E., Castellano, M., and Vicini, S. (2020): Investigation of the Mechanical and Dynamic-Mechanical Properties of Electrospun Polyvinylpyrrolidone Membranes: A Design of Experiment Approach, *Polymers* . <https://doi.org/10.3390/polym12071524>
- Duan, Y., Li, K., Wang, H., Wu, T., Zhao, Y., Li, H., Tang, H., and Yang, W. (2020): Preparation and evaluation of curcumin grafted hyaluronic acid modified pullulan polymers as a functional wound dressing material, *Carbohydrate Polymers*, **238**, 116195.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116195>
- Dwitiyanti, Harahap, Y., Elya, B., and Bahtiar, A. (2019): Impact of solvent on the characteristics of standardized binahong leaf (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis), *Pharmacognosy Journal*, **11**(6), 1463–1470. <https://doi.org/10.5530/PJ.2019.11.226>
- Haaf, F., Sanner, A., and Straub, F. (1985): Polymers of n-vinylpyrrolidone: Synthesis, characterization and uses, *Polymer Journal*. <https://doi.org/10.1295/polymj.17.143>
- Hackl, E., and Ermolina, I. (2019): Application of Texture Analysis Technique in Formulation Development of Lyophilized Orally Disintegrating Tablets Containing Mannitol, Polyvinylpyrrolidone and Amino Acids, *AAPS PharmSciTech*, **20**(2). <https://doi.org/10.1208/s12249-018-1269-8>
- Han, C., Cai, N., Chan, V., Liu, M., Feng, X., and Yu, F. (2018): Enhanced drug delivery, mechanical properties and antimicrobial activities in poly(lactic acid) nanofiber with mesoporous Fe₃O₄-COOH nanoparticles, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **559**, 104–114. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.09.012>
- Hanafiah, O. A., Abidin, T., Ilyas, S., Nainggolan, M., and Syamsudin, E. (2019): Wound healing activity of binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) leaves extract towards NIH-3T3 fibroblast cells, *Journal of International Dental and Medical Research*, **12**(3), 854–858.
- Hasibuan, A. R., Mawarni, L., Hasanah, Y., Irsal, and Fatiani (2020): Application of bamboo shoot extract as natural plant growth regulator on the growth binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis.) in Tanah Karo, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **454**(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/454/1/012170>
- Huan, S., Liu, G., Han, G., Cheng, W., Fu, Z., Wu, Q., and Wang, Q. (2015): Effect of experimental parameters on morphological, mechanical and hydrophobic properties of electrospun polystyrene fibers, *Materials*, **8**(5), 2718–2734. <https://doi.org/10.3390/ma8052718>
- Ibrahim, H. M., and Klingner, A. (2020): A review on electrospun polymeric nanofibers: Production parameters and potential applications, *Polymer Testing*, **90**, 106647. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106647>
- Iqbal, R., Qureshi, O. S., Yousaf, A. M., Raza, S. A., Sarwar, H. S., Shahnaz, G., Saleem, U., and Sohail, M. F. (2021): Enhanced solubility and biopharmaceutical performance of atorvastatin and metformin via electrospun polyvinylpyrrolidone-hyaluronic acid composite nanoparticles, *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, **161**, 105817. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejps.2021.105817>
- Jauhari, J., Almafie, M. R., Marlina, L., Nawawi, Z., and Sriyanti, I. (2021): Physicochemical properties and performance of graphene oxide/polyacrylonitrile composite fibers as supercapacitor electrode materials, *RSC Advances*, **11**(19), 11233–11243. <https://doi.org/10.1039/d0ra10257a>
- Jauhari, J., Wiranata, S., Rahma, A., Nawawi, Z., and Sriyanti, I. (2019): Polyvinylpyrrolidone/cellulose acetate nanofibers synthesized using electrospinning method and their characteristics, *Materials Research Express*, **6**(6), 064002. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab0b11>
- Jeckson, T. A., Neo, Y. P., Sisinthy, S. P., and Gorain, B. (2021): Delivery of Therapeutics from Layer-by-Layer Electrospun Nanofiber Matrix for Wound Healing: An Update, *Journal of Pharmaceutical Sciences*, **110**(2), 635–653. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.xphs.2020.10.003>
- Kakran, M., Sahoo, N. G., Tan, Y. W., and Li, L. (2013): Ternary dispersions to enhance solubility of poorly water soluble antioxidants, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **433**, 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2013.05.021>

- Khil, M. S., Cha, D. Il, Kim, H. Y., Kim, I. S., and Bhattarai, N. (2003): Electrospun Nanofibrous Polyurethane Membrane as Wound Dressing, *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, **67**(2), 675–679. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.10058>
- Knopp, M. M., Olesen, N. E., Holm, P., Langguth, P., Holm, R., and Rades, T. (2015): Influence of Polymer Molecular Weight on Drug-Polymer Solubility: A Comparison between Experimentally Determined Solubility in PVP and Prediction Derived from Solubility in Monomer, *Journal of Pharmaceutical Sciences*, **104**(9), 2905–2912. <https://doi.org/10.1002/jps.24410>
- Koczur, K. M., Mourdikoudis, S., Polavarapu, L., and Skrabalak, S. E. (2015): Polyvinylpyrrolidone (PVP) in nanoparticle synthesis, *Dalton Transactions*, **44**(41), 17883–17905. <https://doi.org/10.1039/c5dt02964c>
- Kurakula, M., and Rao, G. S. N. K. (2020): Pharmaceutical assessment of polyvinylpyrrolidone (PVP): As excipient from conventional to controlled delivery systems with a spotlight on COVID-19 inhibition, *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, **60**(June), 102046. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2020.102046>
- Lamura, M. D. P., Pulungan, M. A., Jauhari, J., and Sriyanti, I. (2021): The influence of control parameter on the morphology polyethersulfone/polyacrylonitrile (PES/PAN) fiber using electrospinning technique, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **1796**, 012084. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012084>
- Leliqia, N. P. E., Sukandar, E. Y., and Fidrianny, I. (2017): Overview of efficacy, safety and phytochemical study of anredera cordifolia (Ten.) steenis, *Pharmacologyonline*, **1**, 124–131.
- Liu, M., Duan, X. P., Li, Y. M., Yang, D. P., and Long, Y. Z. (2017): Electrospun nanofibers for wound healing, *Materials Science and Engineering C*, **76**, 1413–1423. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.03.034>
- López-Calderón, H. D., Avilés-Arnaut, H., Galán-Wong, L. J., Almaguer-Cantú, V., Laguna-Camacho, J. R., Calderón-Ramón, C., Escalante-Martínez, J. E., and Arévalo-Niño, K. (2020): Electrospun polyvinylpyrrolidone-gelatin and cellulose acetate bi-layer scaffold loaded with gentamicin as possible wound dressing, *Polymers*, **12**(10), 1–12. <https://doi.org/10.3390/polym12102311>
- Lu, H., Wang, Q., Li, G., Qiu, Y., and Wei, Q. (2017): Electrospun water-stable zein/ethyl cellulose composite nanofiber and its drug release properties, *Materials Science and Engineering: C*, **74**, 86–93. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.02.004>
- Luraghi, A., Peri, F., and Moroni, L. (2021): Electrospinning for drug delivery applications: A review, *Journal of Controlled Release*, **334**, 463–484. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2021.03.033>
- Manurung, G. C. T., Hasanah, Y., Hanum, C., and Mawarni, L. (2020): The role of bamboo shoot and shallot extracts combination as natural plant growth regulator on the growth of binahong (Anredera cordifolia (Ten.) Steenis.) in Medan, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **454**(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/454/1/012169>
- Nemati, S., Kim, S., Shin, Y. M., and Shin, H. (2019): Current progress in application of polymeric nanofibers to tissue engineering, *Nano Convergence*, **6**(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s40580-019-0209-y>
- Ong, W., Lin, J., Bechler, M. E., Wang, K., Wang, M., French-Constant, C., and Chew, S. Y. (2018): Microfiber drug/gene delivery platform for study of myelination, *Acta Biomaterialia*, **75**, 152–160. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.actbio.2018.06.011>
- Pant, B., Park, M., and Park, S.-J. (2019): Drug Delivery Applications of Core-Sheath Nanofibers Prepared by Coaxial Electrospinning: A Review, *Pharmaceutics*. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics11070305>

- Pusporini, P., Edikresnha, D., Sriyanti, I., Suciati, T., Munir, M. M., and Khairurrijal, K. (2018): Electrospun polyvinylpyrrolidone (PVP)/green tea extract composite nanofiber mats and their antioxidant activities, *Materials Research Express*, **5**(5), 054001. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/aac1e6>
- Ramakrishna, S., Fujihara, K., Teo, W.-E., Lim, T.-C., and Ma, Z. (2005): *An Introduction to Electrospinning and Nanofibers*, World Scientific Publishing, 396. <https://doi.org/doi:10.1142/5894>
- Sriyanti, I., Marlina, L., and Jauhari, J. (2020): Optimization of The Electrospinning Process for Preparation of Nanofibers From Poly (Vinyl Alcohol) (PVA) and *Chromolaena odorata* L. Extrac (COE), *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, **16**(1), 47–56. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v16i1.12629>
- Sriyanti, Ida, Edikresnha, D., Rahma, A., Munir, M. M., Rachmawati, H., and Khairurrijal, K. (2018): Mangosteen pericarp extract embedded in electrospun PVP nanofiber mats: Physicochemical properties and release mechanism of α -mangostin, *International Journal of Nanomedicine*, **13**(1), 4927–4941. <https://doi.org/10.2147/IJN.S167670>
- Sriyanti, Ida, Marlina, L., Fudholi, A., Marsela, S., and Jauhari, J. (2021): Physicochemical properties and In vitro evaluation studies of polyvinylpyrrolidone/cellulose acetate composite nanofibres loaded with *Chromolaena odorata* (L) King extract, *Journal of Materials Research and Technology*, **12**, 333–342. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.02.083>
- Tran, H. A., Ly, K. L., Fox, K. E., Tran, P. A., and Nguyen, T.-H. (2019): Immobilization of Antimicrobial Silver and Antioxidant Flavonoid as a Coating for Wound Dressing Materials, *International Journal of Nanomedicine*, **14**, 9929–9939. <https://doi.org/10.2147/IJN.S230214>
- Veronita, F., Wijayati, N., and Mursiti, S. (2017): Isolasi Dan Uji Aktivitas Antibakteri Daun Binahong Serta Aplikasinya Sebagai Hand Sanitizer, *Indonesian Journal of Chemical Science*, **6**(2), 138–144.
- Wang, L., Mu, R.-J., Yuan, Y., Gong, J., Ni, Y., Wang, W., and Pang, J. (2018): Novel nanofiber membrane fabrication from konjac glucomannan and polydopamine via electrospinning method, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, **85**(2), 253–258. <https://doi.org/10.1007/s10971-017-4559-9>
- Wu, S., Ning, J., Jiang, F., Shi, J., and Huang, F. (2019): Ceramic Nanoparticle-Decorated Melt-Electrospun PVDF Nanofiber Membrane with Enhanced Performance as a Lithium-Ion Battery Separator, *ACS Omega*, **4**(15), 16309–16317. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b01541>
- Zou, P., Lee, W.-H., Gao, Z., Qin, D., Wang, Y., Liu, J., Sun, T., and Gao, Y. (2020): Wound dressing from polyvinyl alcohol/chitosan electrospun fiber membrane loaded with OH-CATH30 nanoparticles, *Carbohydrate Polymers*, **232**, 115786. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115786>