

Karakteristik Porositas dan Antibakteri *Wound Dressing Nanofiber PVA-Pare (Momordica charantia)*

Porosity and Antibacterial Characteristics of PVA-Pare (Momordica charantia) Nanofiber as Wound Dressing

Ahmad Faruq Fadhlurrahman Nur, Diah Hari Kusumawati*

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
Jln. Ketintang, Surabaya 60231

ABSTRAK

Ekstrak buah pare (*Momordica charantia*) dikenal memiliki beragam manfaat dalam bidang medis dengan sifat penyembuhan yang sangat baik. Sifat penyembuhan pada *Momordica charantia* dipengaruhi oleh adanya kandungan bioaktif seperti; asam fenolik, flavonoid, karotenoid, triterpenoid, dan fitosterol, yang juga dapat menghambat pertumbuhan beberapa bakteri seperti *B. subtilis* dan *E. coli* yang banyak ditemukan pada luka. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik porositas dan efektivitas sifat antibakteri pada *nanofiber PVA-Momordica charantia* terhadap bakteri *B. subtilis* dan *E. coli*. Proses fabrikasi *nanofiber PVA-Momordica charantia* dilakukan dengan metode *electrospinning*. Adapun jenis uji yang dilakukan pada *nanofiber PVA-Momordica charantia* adalah FTIR, SEM, dan antibakteri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *nanofiber PVA-Momordica charantia* memiliki gugus fungsi C=O dan CH₂ yang menunjukkan adanya kandungan *Momordica charantia* dan PVA, memiliki ukuran diameter pori dengan rentang 1.310-860 nm, memiliki ukuran diameter *fiber* dengan rentang 147-185 nm dan porositas antara 53-60%. *Nanofiber PVA-Momordica charantia* dengan konsentrasi *Momordica charantia* 25% merupakan komposisi *nanofiber* yang paling optimum untuk aplikasi *wound dressing*, konsentrasi tersebut memiliki aktivitas antibakteri yang sangat baik terutama pada bakteri gram positif dengan efektivitas sebesar 90% (*B. Subtilis*) serta pada gram negatif dengan efektivitas 58% (*E. coli*).

Kata Kunci: Pare ; *Wound dressing*; antibakteri; *Nanofiber*

ABSTRACT

Bitter melon extract is known to have various benefits in the medical field with excellent healing properties. The healing properties of bitter melon are influenced by the presence of bioactive ingredients such as; phenolic acids, flavonoids, carotenoids, triterpenoids and phytosterols, which can also inhibit the growth of several bacteria such as *B. subtilis* and *E. coli* which are often found in wounds. The aim of this research was to analyze the porosity characteristics and effectiveness of the antibacterial properties of *PVA-Momordica charantia Nanofiber* against *B. subtilis* and *E. coli* bacteria. The *PVA-Momordica charantia nanofiber* fabrication process was carried out using the *electrospinning* method. The types of tests carried out on *PVA-Momordica charantia nanofiber* are FTIR, SEM, and antibacterial. The results of the research show that the *PVA-bitter melon nanofiber* has the C=O and CH₂ functional groups which indicate the presence of bitter melon and PVA, has a pore diameter in the range of 1,310-860 nm, has a fiber diameter in the range of 147-185 nm and a porosity between 53- 60%. *PVA-bitter melon nanofiber* with a bitter melon concentration of 25% is the most optimum *nanofiber* composition for *wound dressing* applications, this concentration has excellent antibacterial activity, especially on gram positive bacteria with an effectiveness of 90% (*B. Subtilis*) and on gram negatives with an effectiveness of 58%. % (*E. coli*).

Key Words: Bitter Gourd; *Wound dressing*; antibacterial; *Nanofibers*

PENDAHULUAN

Kulit merupakan organ tubuh manusia berupa lapisan pelindung yang menutupi seluruh tubuh. Perannya sebagai lapisan pelindung membuat kulit sangat rentan mengalami luka, misalnya luka akibat tusukan, luka bakar, pembedahan atau sebab yang lain. Oktaviani *et al.*, (2019) melaporkan, jumlah penduduk yang mengalami luka atau cedera di Indonesia mengalami peningkatan dari 7,5% (2012) menjadi 8,2% (2013) yang umumnya disebabkan oleh jatuh (40,9%) dan kecelakaan kendaraan bermotor (40,6%). Luka yang terdapat pada kulit

dapat menimbulkan rasa sakit dan jaringan parut di sekitar daerah yang rusak. Fungsi vital kulit yang menjamin kesehatan manusia dan lapisan pelindung tubuh membuatnya perlu dirawat dengan baik. Penyembuhan luka merupakan proses rumit yang melibatkan berbagai sel, biomolekul, dan saraf (Monfared GS, 2020; Salami M. S..H 2021), sehingga diperlukan media tertentu untuk melindungi dan mempercepat proses penyembuhan luka. Salah satu media yang dapat digunakan adalah *wound dressing*.

Wound dressing merupakan media yang digunakan untuk melindungi luka, dan mencegah

*Alamat korespondensi:
diahkusumawati@unesa.ac.id

terjadinya maserasi pada kulit disekitar jaringan yang rusak dengan menyerap cairan atau nanah yang dihasilkan serta diharapkan mampu mempercepat pembentukan jaringan baru. *Wound dressing* dikenal memiliki banyak jenis salah satunya adalah *wound dressing* berbasis *nanofiber*. *Wound dressing* berbasis *nanofiber* dikenal memiliki keunggulan berupa luas permukaan yang tinggi, *permeability* yang baik serta kemampuan *drug delivery* yang unggul (Rushikesh *et al.*, 2019). Namun tidak semua bahan *wound dressing* dapat difabrikasi menjadi *nanofiber*, sehingga dibutuhkan bahan dengan sifat khusus. Salah satu bahan dengan sifat tersebut adalah bahan polimer

Bahan polimer yang dapat dimanfaatkan sebagai *wound dressing* berbasis *nanofiber* adalah *Polyvinyl Alcohol* (PVA) (Hashmi *et al.*, 2020). Hulupi M. dan Haryadi (2018) melaporkan bahwa PVA memiliki sifat tidak berwarna, tidak larut pada sebagian besar pelarut organik dan minyak, tetapi dapat larut dalam pelarut air yang memiliki gugus hidroksil dalam jumlah yang cukup tinggi serta memiliki kemampuan pembentukan serat yang baik. Hulupi M. dan Haryadi (2018) juga menjelaskan bahwa PVA memiliki sifat *electrospinnable*, *biocompatible*, dan *biodegradable* serta sering digunakan sebagai *guest* polimer dalam berbagai macam penelitian untuk menghasilkan *nanofiber* dengan *electrospinning*. Meskipun PVA menunjukkan potensi yang baik untuk diaplikasikan sebagai *wound dressing* (Takahashi *et al.*, 2016), namun masih diperlukan peningkatan sifat penyembuhan luka pada PVA untuk aplikasi penutup luka yang lebih efektif (Kim, J., *et al.*, 2020). Peningkatan sifat penyembuhan luka pada PVA dapat dilakukan dengan menambahkan bahan alam.

Salah satu bahan alam dengan sifat penyembuhan yang tinggi adalah ekstrak pare (*Momordica charantia*). *Momordica charantia* dikenal memiliki senyawa bioaktif seperti seperti asam fenolik, flavonoid, karotenoid, triterpenoid, dan fitosterol yang mampu meningkatkan sifat penyembuhan pada luka (Raynaldo, 2019). *Momordica charantia* juga merupakan bahan yang baik untuk aplikasi biomedis terutama untuk diaplikasikan sebagai penutup luka (S. Alippilakkotte *et al.*, 2017). Menurut C. Y. Chao *et al.*, (2014), *Momordica charantia* memiliki sifat

penyembuhan dan biokompatibilitas yang baik sehingga sangat cocok untuk diaplikasikan dalam berbagai kebutuhan medis. *Momordica charantia* juga dikenal memiliki sifat antibakteri yang sangat baik sehingga mampu memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap luka dari paparan mikroorganisme (Hasmi *et al.*, 2020).

Kemampuan perlindungan luka merupakan kriteria yang wajib dipenuhi dalam pengaplikasian *wound dressing*. Kemampuan tersebut dapat dilihat melalui nilai porositas pada *wound dressing*. Namun belum ditemukan standar yang paling tepat untuk porositas pada *wound dressing*, sehingga digunakanlah penelitian sebelumnya sebagai acuan dalam penelitian ini. Mengacu pada laporan Tasya A. dan Hari D. (2023) *wound dressing* yang baik memiliki nilai porositas yang tidak terlalu tinggi maupun rendah, hal ini untuk menjaga luka agar tetap tersirkulasi dengan baik sembari memberikan perlindungan terhadap paparan bakteri dan mikroorganisme dari luar. Adapun penelitian ini bertujuan untuk menganalisis porositas dan sifat antibakteri dari *wound dressing nanofiber* PVA-*Momordica charantia*.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain; *beaker glass*, gelas ukur, *stirrer*, *magnetic bar*, timbangan digital, aluminium foil, *electrospinner*, Glutaraldehid, ekstrak *Momordica charantia*, *aquades*, dan PVA (*Molecular Weight* : 60,000 - 1,25,000).

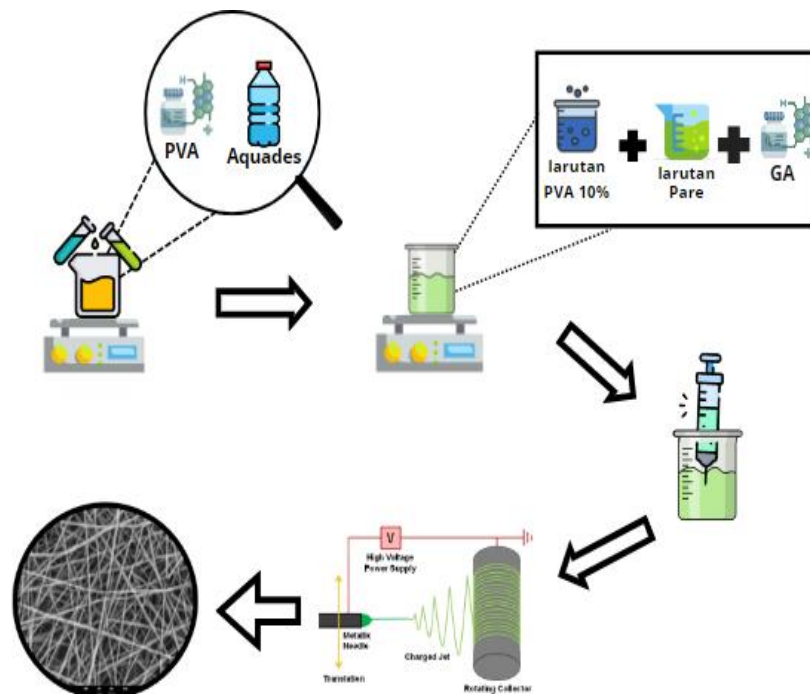
Fabrikasi *nanofiber* PVA-*Momordica charantia* dilakukan menggunakan proses *electrospinning* dengan tegangan 20 kV, laju alir 1 ml/jam dan jarak drum dan *syring* adalah 15 cm. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi; FTIR, SEM, Tarik dan Antibakteri. Uji FTIR (FT-IR BRUKER ALPHA II), dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan dan gugus fungsi yang terbentuk dalam *nanofiber* PVA-*Momordica charantia* menggunakan rentang gelombang 4000-600 cm^{-1} . Uji SEM (Thermo Fisher Scientific) dilakukan untuk mengetahui morfologi dari *nanofiber* PVA-*Momordica charantia*, dimana hal tersebut terkait dengan kemampuan *wound dressing* dalam memberikan perlindungan terhadap paparan luar. Tingkat kenyamanan pada pengaplikasian *wound dressing* dapat diketahui

melalui pengujian kuat tarik. Uji kuat tarik ini dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Brawijaya dengan menggunakan alat *Tensile Strength IMADA Manual Test Stand* untuk bahan *edible film*. Kemampuan antibakteri pada sampel diidentifikasi dengan uji aktivitas antibakteri yang dilakukan di Laboratorium Biologi, Institut Teknologi Sepuluh November dengan metode TPC (*Total Plate Count*).

Penelitian dimulai dengan membuat larutan ekstrak *Momordica charantia* dengan melarutkan 20 gram serbuk *Momordica charantia* dalam 200 ml *aquades* menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu 100°C dan kecepatan putaran 400 rpm selama 1 jam. Setelah satu jam, larutan ekstrak *Momordica charantia* kemudian di filtrasi menggunakan saringan dengan ukuran 400 mesh. Filtrat kemudian diuapkan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 100°C hingga diperoleh larutan kental sebanyak 20 ml. Larutan kemudian dipisahkan sesuai variasi yang telah ditentukan yakni 1,5; 2; 2,5 dan 3ml (15, 20, 25 dan 30%) sebelum dilakukan fabrikasi *nanofiber* PVA-*Momordica charantia*.

Fabrikasi *nanofiber* PVA-*Momordica charantia* dimulai dengan membuat larutan PVA 10%

(Kusumawati, D. H., *et al.*, 2021) dengan mencampurkan 10 ml *aquades* dan 1 gram serbuk PVA menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam, sebelum kemudian ditambahkan dengan larutan *Momordica charantia* dan Glutaraldehyd. Beberapa prosedur *crosslink* seperti *Fume HCl* dan penguapan *nanofiber* menggunakan larutan Glutaraldehyd telah dilakukan selama proses fabrikasi, namun prosedur tersebut tidak menunjukkan hasil yang memuaskan, sehingga dilakukan prosedur *crosslink* dengan menambahkan Glutaraldehyd dalam larutan PVA dan ekstrak *Momordica charantia* selama proses pengadukan. Proses pencampuran larutan PVA 10% Glutaraldehyd dan *Momordica charantia* dilakukan selama 2 jam hingga larutan homogen dan menghasilkan larutan PVA-*Momordica charantia*. Setelah itu, dilakukan proses *electrospinning* dengan terlebih dahulu memasukkan larutan PVA-*Momordica charantia* ke dalam *syringe*. Hasil *electrospinning* berbentuk *nanofiber* PVA-*Momordica charantia* yang kemudian dilanjutkan dengan prosedur karakterisasi yang telah ditentukan sebelumnya. Proses fabrikasi *nanofiber* PVA-*Momordica charantia* dapat dilihat pada Gambar 1.

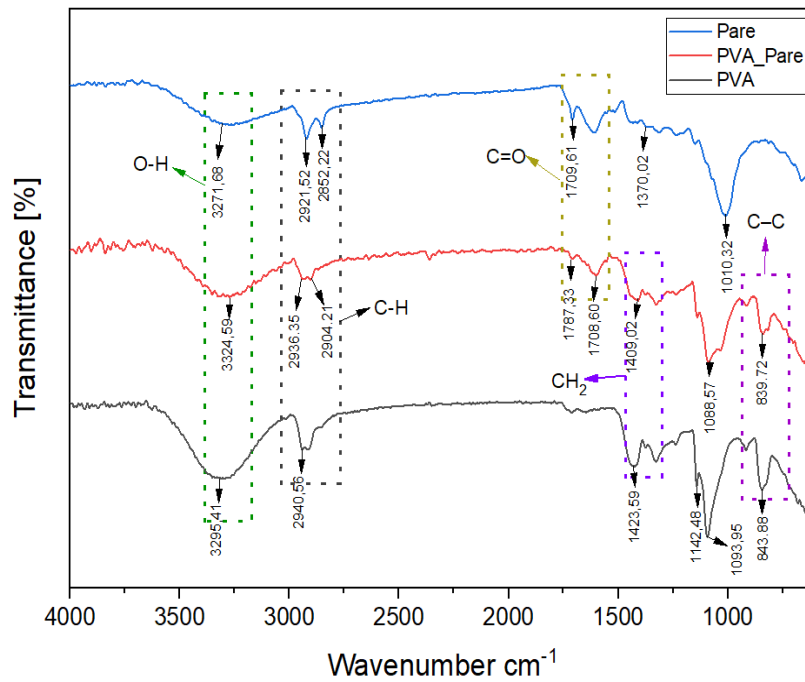


Gambar 1. Ilustrasi pembuatan *wound dressing nanofiber* PVA-*Momordica charantia*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji FTIR dilakukan menggunakan 3 buah sampel yakni serbuk *Momordica charantia*, *nanofiber* PVA dan PVA-*Momordica charantia*. Hasil uji FTIR

kemudian dibandingkan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada masing-masing sampel. Proses Uji FTIR dilakukan di laboratorium Fakultas Farmasi, Universitas Airlangga, Surabaya.



Gambar 2. Hasil uji FTIR *nanofiber* PVA, PVA-*Momordica charantia* dan *Momordica charantia*

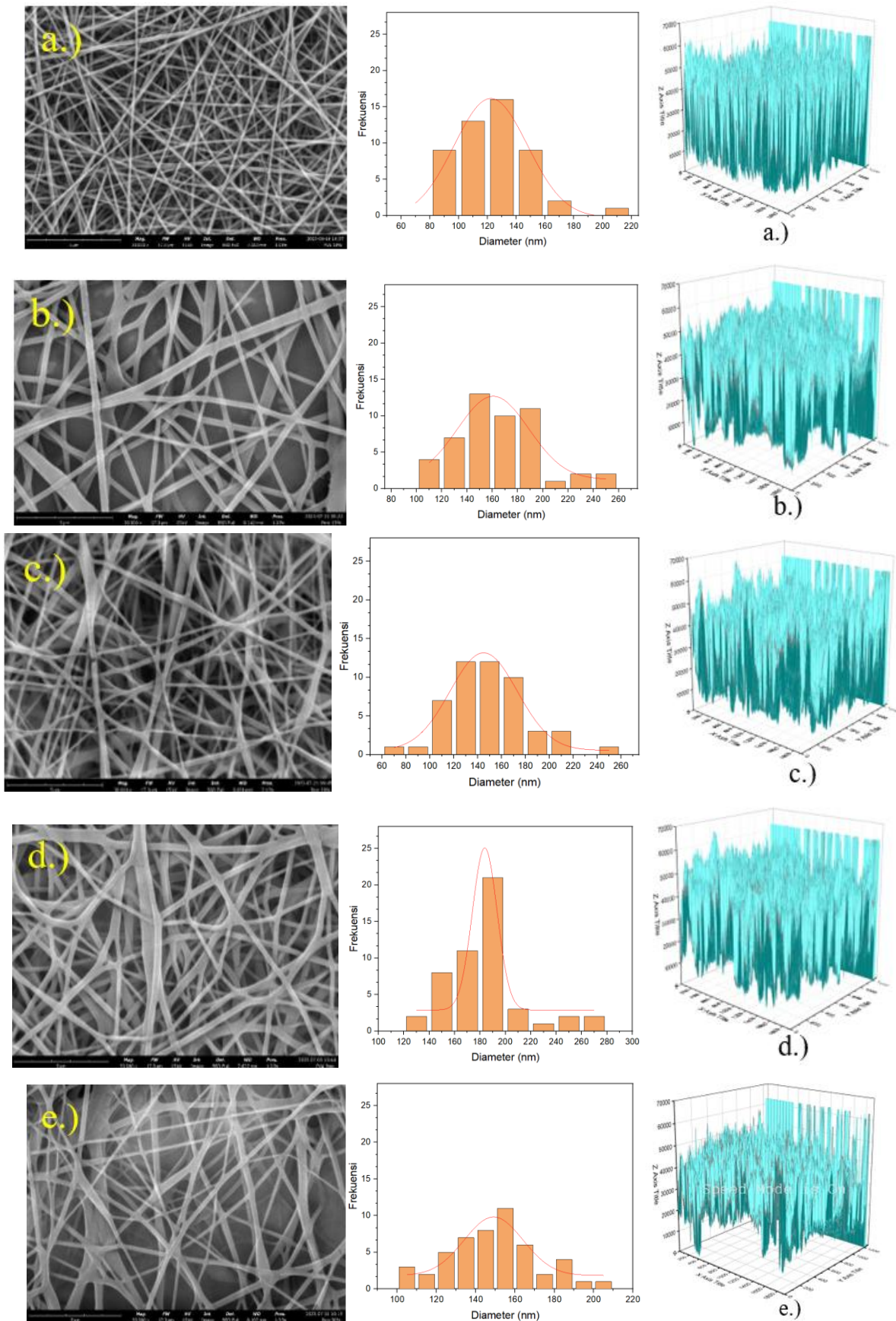
Gambar 2. memperlihatkan 3 buah spektrum dimana warna biru mewakili spektrum serbuk *Momordica charantia*, warna merah mewakili spektrum *nanofiber* PVA-*Momordica charantia*, dan warna hitam mewakili spektrum *nanofiber* PVA. Ketiga spektrum pada gambar terlihat adanya beberapa perbedaan yang merupakan ciri khas dari masing-masing sampel, hal tersebut memudahkan dilakukannya perbandingan untuk mengidentifikasi kandungan PVA dan *Momordica charantia* pada sampel *nanofiber* PVA-*Momordica charantia*. Identifikasi kandungan PVA pada sampel *nanofiber* PVA-*Momordica charantia* ditunjukkan dengan terbentuknya gugus fungsi C-C dan CH₂. Adapun gugus fungsi tersebut untuk sampel PVA terdapat pada bilangan gelombang 843,88 cm⁻¹ (C-C) dan 1423,59 cm⁻¹ (CH₂), sedangkan untuk *nanofiber* PVA-*Momordica charantia* terdapat pada bilangan gelombang 839,72 cm⁻¹ (C-C) dan 1409.02 cm⁻¹ (CH₂). Adapun kandungan *Momordica charantia* pada *nanofiber* PVA-*Momordica charantia* dapat diidentifikasi dengan munculnya gugus fungsi C=O pada masing-masing spektrum, gugus tersebut tepatnya ada pada bilangan gelombang 1709,61 cm⁻¹ untuk sampel *Momordica charantia* serta 1787,33 cm⁻¹ untuk *nanofiber* PVA-*Momordica charantia*.

Uji SEM dilakukan di Laboratorium LIHTR, Universitas Airlangga, Jawa Timur, menggunakan 5

sampel, yakni *nanofiber* PVA murni dan PVA-*Momordica charantia* dengan konsentrasi *Momordica charantia* yang berbeda yakni, 15, 20, 25 dan 30%. Uji SEM dilakukan dengan perbesaran yang sama yakni 30.000 kali perbesaran dengan tujuan mempermudah pengukuran dan perbandingan ukuran antara masing-masing sampel. Hasil uji SEM kemudian diolah menggunakan *software Image-J* dan *Origin* sehingga diperoleh data morfologi sampel, meliputi; ukuran diameter *nanofiber*, pori dan nilai porositas dari masing-masing sampel. Untuk mengukur nilai rata-rata diameter *nanofiber* dan pori, dilakukanlah pengukuran pada 50 titik pada gambar hasil Uji SEM. Hasil uji SEM, perhitungan diameter pori serta persentase porositas ditunjukkan pada Gambar 3, Tabel 1 dan Gambar 4.

Pengukuran diameter *nanofiber* dilakukan dengan mengukur 50 titik pada sampel sehingga diperoleh nilai rata-rata dan grafik histogram dari ukuran diameter *nanofiber*, berdasarkan pengukuran tersebut diperoleh ukuran diameter rata-rata *nanofiber* PVA adalah 123 nm, sedangkan untuk *nanofiber* PVA-*Momordica charantia* (15, 20, 25 dan 30%) ukuran diameter rata-rata yang diperoleh secara berturut-turut adalah 165, 147, 185 dan 148 nm. Mengacu pada penelitian Uzalia, P., & Hari, D., 2023 untuk dapat dinyatakan sebagai nanofiber, suatu *fiber* harus berada pada rentang ukuran 100-300 nm, sehingga sampel PVA-*Momordica charantia*

pada penelitian ini telah memenuhi syarat untuk dinyatakan sebagai *nanofiber*.



Gambar 3. Hasil Uji SEM Nanofiber dan 3D Surface Porositas a.) PVA b.) PVA-15% *Momordica charantia* c.) PVA-20% *Momordica charantia* d.) PVA-25% *Momordica charantia* e.) PVA-30% *Momordica charantia*

Sampel dengan ukuran *nanofiber* terkecil (147 nm) ada pada konsentrasi *Momordica charantia* 20% sedangkan yang terbesar (185 nm) ada pada konsentrasi 25%. Hasil tersebut diketahui sedikit berbeda dengan penelitian sebelumnya (Hasmi *et al.*, 2020) dimana pada konsentrasi 20 dan 30% terlihat terdapat penurunan yang cukup signifikan pada ukuran diameter *nanofiber*, kondisi tersebut dipengaruhi oleh faktor eksternal (lamanya waktu tunggu larutan sebelum dilakukan proses *electrospinning*) dan kondisi viskositas larutan yang terlalu tinggi.

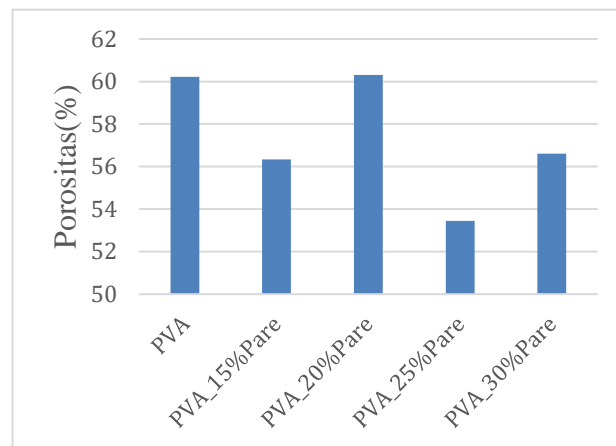
Gambar 3. menunjukkan gambar morfologi *nanofiber* PVA dan PVA-*Momordica charantia*, dimana gambar 3a mewakili *nanofiber* PVA dengan distribusi diameter *nanofiber* yang seragam, rapi dan halus tanpa ada *beads* yang terbentuk. Grafik histogram pada masing-masing gambar memperlihatkan distribusi ukuran diameter sampel dimana selain *nanofiber* PVA, sampel dengan konsentrasi 25% juga memiliki tingkat distribusi yang cukup seragam yakni pada rentang 180 s.d. 200 nm. Kondisi tersebut diperlihatkan dengan adanya selisih yang cukup jauh untuk distribusi pada rentang ukuran 180 s.d. 200 nm dibandingkan yang lain. Selain diameter *nanofiber*, ukuran diameter pori dan nilai porositas juga menjadi salah satu kriteria dalam *sintesis wound dressing*, kedua data tersebut diambil untuk melihat kemampuan *wound dressing* dalam memberikan perlindungan dari paparan luar maupun menjaga sirkulasi udara pada luka.

Tabel 1. Rata-rata Ukuran Pori *Nanofiber* PVA-*Momordica charantia*

Sampel	Ukuran Pori (nm)
PVA	790
PVA-15%Pare	1.310
PVA-20%Pare	1.090
PVA-25%Pare	860
PVA-30%Pare	950

Tabel 1. menunjukkan nilai rata-rata diameter pori pada masing-masing sampel dibandingkan standar acuan (50 s.d. 1000 nm) untuk *wound dressing* (Sadeghi-aghbash, *et al.* 2022), dimana dari kelima *nanofiber* terdapat dua sampel yang tidak memenuhi syarat tersebut yakni pada *nanofiber* dengan konsentrasi *Momordica charantia*) 15 dan 20%.

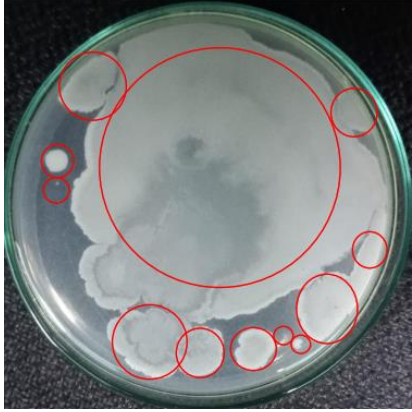
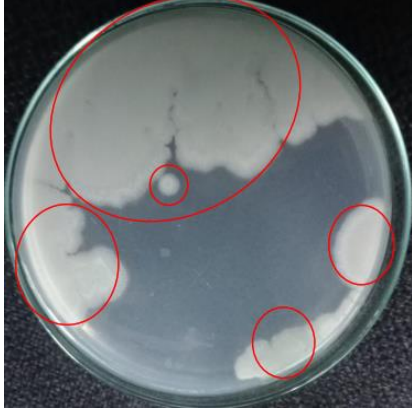
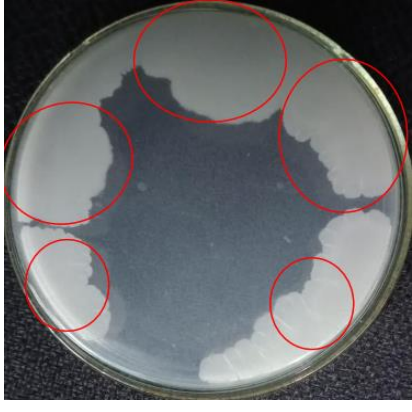
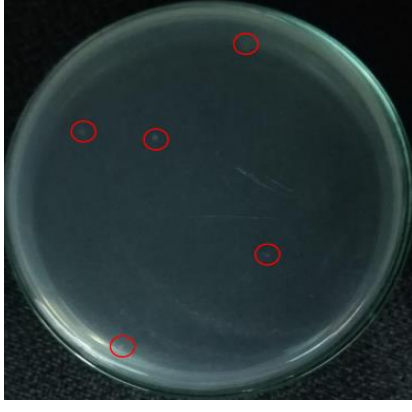
Sebaliknya, untuk rata-rata ukuran pori terkecil ada pada *nanofiber* PVA-25%*Momordica charantia*, yakni 0,86 nm. Berdasarkan pemaparan tersebut dapat dikatakan bahwa *nanofiber* PVA dengan konsentrasi 25% merupakan yang paling memenuhi syarat untuk diaplikasikan sebagai *wound dressing*.



Gambar 4. Persentase porositas *nanofiber* PVA-*Momordica charantia*

Gambar 3 menunjukkan grafik permukaan 3 dimensi pada masing-masing sampel dimana terdapat bagian dengan warna gelap yang mewakili porositas *nanofiber*, sedangkan bagian yang lebih terang mewakili *fiber* yang terbentuk. Adapun nilai porositas dari masing-masing *nanofiber* pada Gambar 4. menunjukkan bahwa *nanofiber* PVA-20%*Momordica charantia* memiliki nilai persentase yang paling tinggi dengan 60,31% sedangkan PVA-25%*Momordica charantia* menjadi yang paling rendah dengan nilai 53,45%. Tinggi-rendahnya nilai porositas pada Gambar 5 menunjukkan tingkat daya serap dan kemampuan *nanofiber* dalam menghalangi keluar masuknya bakteri. Semakin tinggi nilai porositas maka daya serap yang dimiliki akan semakin baik, namun perlindungan terhadap paparan bakteri akan semakin rendah.

Uji antibakteri dilakukan di Laboratorium Biologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Pengujian dilakukan menggunakan Bakteri *E. coli* dan *B. subtilis* sebagai bakteri gram negatif dan positif. Hasil pengujian antibakteri kemudian akan dianalisis untuk mengetahui efektivitas *nanofiber* PVA-*Momordica charantia* terhadap masing-masing bakteri. Hasil uji antibakteri dapat dilihat pada Gambar 5.

Perlakuan Bakteri	Tanpa <i>Nanofiber</i> PVA-pare (Kontrol)	Dengan <i>Nanofiber</i> PVA-pare
<i>E. coli</i>		
	1,20 x 10 ⁴ CFU/ml	5,00 x 10 ³ CFU/ml
<i>B. subtilis</i>		
	5,00 x 10 ⁴ CFU/ml	5,00 x 10 ³ CFU/ml

Gambar 5. Hasil uji antibakteri *nanofiber* PVA-*Momordica charantia*

Gambar 5 menunjukkan adanya penurunan jumlah kelimpahan bakteri pada masing-masing *plate* yang ditambahkan *nanofiber* PVA-25%*Momordica charantia*, dengan penurunan sebanyak 7,00 x 10³ CFU/ml pada Bakteri *E. coli* dan 4,5 x 10⁴ CFU/ml pada Bakteri *B. subtilis*. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kemampuan antibakteri pada *nanofiber* PVA-25%*Momordica charantia* dengan persentase efektivitas sebesar 58% pada bakteri gram negatif (*E. coli*) dan 90% pada bakteri gram positif (*B. subtilis*). Adapun perbedaan tingkat efektivitas sifat antibakteri pada Bakteri *E. coli* dan *B. subtilis* dipengaruhi oleh struktur dinding sel masing-masing bakteri. Mengacu pada penelitian Rini dan Himawan (2023), bakteri golongan gram positif seperti *B. subtilis* memiliki struktur dinding sel tunggal dengan kandungan *peptidoglikan* lebih dari 50%, kondisi tersebut menyebabkan dinding sel yang terletak di bagian luar membran menjadi lebih

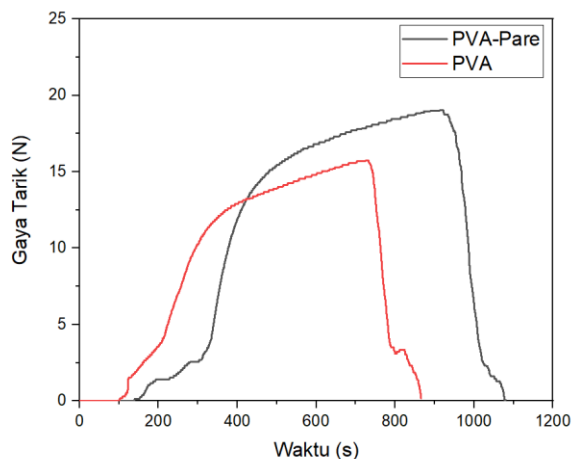
kaku dan tebal bila dibandingkan dengan bakteri dari golongan gram negatif, sehingga memudahkan sifat antibakteri dari *Momordica charantia* untuk menghambat laju pertumbuhan bakteri tersebut, sedangkan pada bakteri golongan gram negatif seperti *E. coli*, memiliki struktur dinding sel yang lebih kompleks yang terdiri dari tiga bagian. Masing-masing bagian pada dinding sel bakteri gram negatif memiliki kandungan yang berbeda, yakni *lipopolisakarida* (LPS) pada bagian luar, *lipoprotein* pada bagian tengah dan *peptidoglikan* pada bagian dalam. Struktur dinding sel yang kompleks dan berlapis pada bakteri gram negatiflah yang menyulitkan senyawa antibakteri pada *Momordica charantia* untuk bekerja.

Uji Tarik dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Brawijaya, menggunakan sampel *nanofiber* PVA (tanpa *crosslink*) dan PVA-25%*Momordica charantia* (dengan *crosslink*). Sampel

yang digunakan untuk uji tarik memiliki dimensi 1x5 cm. Hasil uji tarik dari kedua sampel kemudian akan dibandingkan untuk melihat pengaruh *crosslink* pada sifat mekanik sampel. Hasil dan analisis uji tarik ditunjukkan pada Gambar 6 dan Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Uji Tarik PVA dan PVA-25%*Momordica charantia*

Bahan	Kuat Tarik (MPa)	Elongation (%)	Modulus Young (MPa)
PVA	0,03	6	0,0052
PVA-25% <i>Pare Standar medis</i>	0,035	7	0,0054
(Meilanny <i>et al.</i> , 2015)	1-24	17-207	0,06-0,12



Gambar 6. Uji Tarik *Nanofiber* PVA dan PVA-25%*Momordica charantia*.

Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa *nanofiber* PVA-25%*Momordica charantia* memiliki gaya tarik maksimal yang lebih tinggi daripada *nanofiber* PVA dengan selisih 3,3 N. Selisih gaya tarik maksimal tersebut menunjukkan pengaruh perlakuan *crosslink* pada *nanofiber* PVA-25%*Momordica charantia* dengan memperkuat ikatan yang terbentuk didalamnya.

Mengacu pada penelitian Meilanny *et al.*, (2015), standar kuat tarik dan *elongation at break* yang diperuntukkan untuk material medis adalah 1-24 MPa (kuat tarik) dan 17-207% (*elongation at break*), berdasarkan hal tersebut, maka sifat mekanik pada *nanofiber* PVA-25%*Momordica charantia* dapat dinyatakan tidak memenuhi standar yang ditentukan sehingga diperlukan riset lebih lanjut untuk memperbaiki sifat tersebut. Adapun

ketidakmampuan *nanofiber* untuk dilepas dari aluminium foil merupakan salah satu faktor yang memberikan pengaruh pada hasil uji tarik. Untuk mengatasi kondisi tersebut dapat dilakukan dengan menambah waktu pelaksanaan dalam proses *electrospinning* sehingga diperoleh *nanofiber* yang lebih tebal dan memungkinkan dilakukan pelepasan dari aluminium foil.

SIMPULAN

Nanofiber PVA-*Momordica charantia* memiliki karakteristik dengan gugus fungsi C=O dan CH₂ yang menunjukkan adanya kandungan *Momordica charantia* dan PVA. *Nanofiber* PVA-*Momordica charantia* memiliki ukuran diameter pori dengan rentang 1.310-860 nm, memiliki ukuran diameter *fiber* dengan rentang 147-185 nm dan porositas antara 53-60% sehingga mampu memberikan perlindungan terhadap paparan dari luar dengan *nanofiber* PVA-25%*Momordica charantia* menjadi yang paling optimum untuk diaplikasikan sebagai *wound dressing*. Aktivitas antibakteri *nanofiber* PVA-*Momordica charantia* terbukti sangat baik terutama pada bakteri gram positif dengan efektivitas sebesar 90% (*B. subtilis*) dan 58% pada gram negatif (*E. coli*). Namun *wound dressing* PVA-*Momordica charantia* memiliki kekurangan dalam tingkat kenyamanan yang ditunjukkan dengan hasil uji tarik yang belum memenuhi standar material medis. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa *nanofiber* PVA-*Momordica charantia* cocok untuk diaplikasikan sebagai *wound dressing*, namun diperlukan beberapa penyesuaian untuk memperbaiki mekaniknya agar sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Material dan Karakterisasi Universitas Negeri Surabaya, Laboratorium LIHTR dan Farmasi Universitas Airlangga, Laboratorium Biologi Institut Teknologi Sepuluh November, Laboratorium Fisika Universitas Brawijaya, yang telah memberi fasilitas dan kemudahan dalam proses sintesis dan karakterisasi pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- C. Y. Chao, P. J. Sung, W. H. Wang, and Y. H. Kuo. (2014). Anti-inflammatory Effect of *Momordica charantia* in

- Sepsis Mice. *Molecules*, vol. 19, no. 8, pp. 12777–12788, doi: 10.3390/molecules190812777.
- Hashmi M, Ullah S, Kim IS, (2020) Electrospun *Momordica charantia* Incorporated Polyvinyl Alcohol (PVA) Nanofibers for Antibacterial Applications, *Materials Today Communications*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.101161>
- Hulupi M, Haryadi. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Serat Nano Polivinil Alkohol yang Diikat Silang dengan Glutaraldehyd untuk Aplikasi Pembalut Luka. *Chimica et Natura Acta*. Vol. 6 No. 3: 101-105. p-ISSN: 2355-0864 e-ISSN: 2541-2574. DOI: <https://doi.org/10.24198/cna.v6.n3.18477>
- Kim, J., Park, K., & Ryu, J. H. (2020). Polyvinyl alcohol nanofiber with a green tea extract for wound healing application. *Materials Science and Engineering: C*, 106, 110249. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.110249>
- Kusumawati, D. H., K. V.N. Istiqomah, I. Husnia, and N. Fathurin, 'Synthesis of Nanofiber Polyvinyl Alcohol (PVA) with Electrospinning Method', *Journal of Physics: Conference Series*, 2110.1 (2021) <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2110/1/012010>
- Meilanny, D.K.P., Pranjono, B.E., Dyah H. 2015. "Metode Elektrospinning untuk Mensintesis Kompo- Sit Berbasis Alginat-Polivinil Alkohol Dengan Penambahan Lendir Bekicot". *Jurnal electrospinning Universitas Airlangga*. 65–71.
- Monfared GS, Ertl P, Rothbauer M. (2020). An On-chip Wound Healing Assay Fabricated by Xurography for Evaluation of Dermal Fibroblast Cell Migration and Wound Closure. *Sci Rep*. 2020;10(1):1–14.
- Oktaviani D.J, Widiyastuti S. Maharani D.A, Amalia A.N, Ishak A.M, Zuhrotun A. (2019). Review: Bahan Alami Penyembuh Luka. *Majalah Farmasetika*, 4 (3) 2019, 45-56 <https://doi.org/10.24198/farmasetika.v4i3.22939>
- Raynaldo Lisius Marbun, 'Potential of Pare *Momordica Charantia* L as a Lowering Level Blood Cholesterol', *Jiksh*, 10.2 (2019), Ilmiah Kesehatan Sandi Husada, 188–92 <https://doi.org/10.35816/jiskh.v10i2.147>
- Rushikesh S. Ambekar, Balasubramanian Kandasubramanian. 2019. Advancements in nanofibers for wound dressing: A review. *European Polymer Journal*, Vol. 117. Pages 304-336. ISSN 0014-3057. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.05.020>.
- S. Alippilakkotte, S. Kumar, and L. Sreejith. (2017). Fabrication of PLA/Ag nanofibers by green synthesis method using *Momordica charantia* fruit extract for wound dressing applications. *Colloids Surfaces a Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 529, no. May, pp. 771–782, doi: 10.1016/j.colsurfa.2017.06.066.
- Salami *et al.*, (2021). BPARE Complementary Medicine and Therapies (2021) 21:111 <https://doi.org/10.1186/s12906-021-03284-4>
- Takahashi, H., Okamoto, H., Higuchi, A., Ikeda, K., & Yamamoto, Y. (2016). Polyvinyl alcohol hydrogel wound dressing suppresses inflammatory cytokine production in a murine wound model. *Journal of Artificial Organs*, 19(4), 355–361. <https://doi.org/10.1007/s10047-016-0894-y>
- Tasya, A Y, and D H Kusumawati, 'Karakteristik Porositas Wound Dressing Nanofiber PVA-Ekstrak Daun Nangka', *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia ...*, 12 (2023), 106–12.