

PENGARUH PARAMETER LARUTAN TERHADAP MORFOLOGI DAN SIFAT TARIK MEMBRAN SERAT NANO POLIVINIL ALKOHOL (PVA) / CURCUMA MANGGA VAL

Angga Ardinista^a, Harini Sosiati^b, Aris Widyo Nugroho^c

^a Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
 ardinista@outlook.com

Abstrak

Dilakukan pembuatan membran serat nano untuk mengetahui karakteristik morfologi dan sifat tarik Polyvinyl Alcohol (PVA) Gohsenol dengan penambahan Curcuma Mangga Val (CMV) yang dapat diaplikasikan sebagai pembalut luka. Polimer tersebut memiliki sifat anti bakteri, biodegradable, biocompatible, dan non-toxic. Fabrikasi terlebih dahulu dilakukan dengan melarutkan 10 % PVA ke dalam aquades (w/w), kemudian larutan tersebut dipadukan dengan berbagai variasi konsentrasi ekstrak CMV (0, 2, 5, 10, dan 15 w/w). Lalu larutan diukur nilai konduktivitas dan viskositasnya. Parameter yang digunakan yaitu diameter spinnerate 0,6 ; jarak tip ke kolektor (TCD) = 10 cm ; tegangan = 23 kV. Hasil analisis menggunakan SEM menunjukkan keseragaman serat mengalami penurunan ukuran diameter serat . Diameter rata-rata nanofiber PVA menurun linier seiring penambahan konsentrasi ekstrak CMV. Diameter rata-rata nanofiber PVA berdasarkan variasi konsentrasi ekstrak CMV secara berurutan yaitu 0% ; ($\pm 446\text{nm}$) , 2% ; ($\pm 376\text{nm}$) , 5% ; ($\pm 294\text{nm}$) , 10% ; ($\pm 267\text{nm}$) , dan 15% ; ($\pm 228\text{nm}$). Sedangkan nilai viskositas larutan (39,39-22,40 N/m²s) cenderung menurun berbanding terbalik dengan penambahan konsentrasi ekstrak CMV. Meskipun nilai viskositas menurun larutan tetap dapat di fabrikasi dengan baik karena nilai konduktivitas larutan naik (2,01 - 2,80 mS/cm). Hasil analisis pengujian tarik membran serat nano memiliki kuat tarik antara (5.10-10.46 MPa) sedangkan nilai modulus elastisitas antara (2.92 – 24.66 MPa) dan nilai elongasi antara (176.21-46.45%). Dari hasil pengujian tarik tersebut membran serat nano berbahan dasar PVA/CMV berpotensi sebagai pembalut luka (wound dressing), karena memiliki nilai kuat tarik yang termasuk dalam standar material medis dengan nilai kuat tarik antara (1-24 MPa) dan nilai elongasi antara (17 - 207%).

Kata kunci : PVA, Curcuma Mangga Val, Electrospinning, Nanofiber

Abstract

Nano fiber membrane was which can be applied as a wound dressing developed to know the morphological characteristics and tensile properties of Polyvinyl Alcohol (PVA) Gohsenol with the addition of Curcuma Mangga Val (CMV). Nano fibers are fabricated using such polymers because they have anti-bacterial, biodegradable, biocompatible, and non-toxic properties. First step is to dissolve 10% of PVA into the aquades (w / w), then solution is mixed with various concentrations of CMV (0, 2, 5, 10, and 15% w / w). The solution measured the conductivity and viscosity value, to know the parameters solution. PVA / CMV solutions with various concentrations are fabricated using the electrospinning method. The parameters used were spinnerate diameter 0.6; tip distance to collector (TCD) = 10 cm; voltage = 23 kV. Scanning electron microscope SEM image shows there is a reduction of diameter of nanofiber, directly proportional with addition of CMV extract. Diameter average of PVA nanofiber based on the variation of CMV concentrations is 0%; ($\pm 446\text{nm}$), 2%; ($\pm 376\text{nm}$), 5%; ($\pm 294\text{nm}$), 10%; ($\pm 267\text{nm}$), and 15%; ($\pm 228\text{nm}$). Solution viscosity shows between (39.39-22.40 N / mss) is inversely proportional with addition of CMV concentration. Based on that data viscosity value falls, but the solution can still be well fabricated, because conductivity value rises between (2.01 - 2.80 mS / cm). Result of membrane tensile test shows between (5.10-10.46 Mpa), elasticity modulus value between (2.92 - 24.66 MPa) and elongation value between (176.21-46.45%). From the tensile test results, membrane nano fiber PVA / CMV have potential to be a wound dressing, based on standard medical material with tensile strength value between (1-24 MPa) and elongation value between (17 - 207%).

Keywords : PVA, Curcuma Mangga Val, Electrospinning, Nanofiber

1.

Pendahuluan

Pengembangan membran serat nano menggunakan metode electrospinning saat ini merupakan salah satu metode yang cukup optimal. Metode ini menghasilkan membran serat nano dengan permukaan yang luas sehingga zat aktif dalam serat nano dapat bebas berinteraksi dengan permukaan kulit, yang dapat mempercepat proses penyembuhan luka. Membran pembalut luka pada umumnya berfungsi untuk menutupi luka, menekan jumlah pertumbuhan bakteri, hingga membantu pembentukan jaringan baru (Mutia, 2014).

Beberapa penelitian pembuatan membran nanofiber menggunakan metode electrospinning untuk aplikasi pembalut luka telah dilakukan. Membran kitosan / PVA (Biazar et al., 2015), lendir bekicot / PVA (Nugroho dkk., 2018), aloe vera / PVA (Sosiati dkk., 2018) telah berhasil dikembangkan sebagai bahan membran serat nano untuk bahan pembalut luka. Dalam penelitian ini, sistem pembalut luka dengan aktivitas antibakteri, yaitu serat nano dengan polivinil alkohol (PVA) sebagai matriks polimer yang ditambahkan pengisi (filler) ekstrak Curcuma Mangga Val, diproduksi dengan teknik electrospinning.

PVA merupakan polimer yang memiliki sifat tidak beracun, murah, dan biocompatible sangat sering digunakan pada bidang biomedis (Sousa dkk., 2015). Kitosan, lendir bekicot, dan aloe vera adalah bahan alami yang memiliki sifat anti bakteri. Selain itu Temu (Kunyit) Mangga, atau Curcuma Mangga Val. adalah sejenis tanaman temu-temuan yang masih termasuk dalam famili Zingiberaceae. CMV merupakan tanaman asli daerah Indo-malesian yang bisa dikonsumsi langsung atau setelah diolah. Pemanfaatan CMV sebagai antibakteri mengingat kemampuan muatan positifnya yang dapat berinteraksi dengan permukaan sel bakteri yang bermuatan negatif, sehingga dapat mengganggu pertumbuhan koloni bakteri.

Bersarkan referensi-referensi tersebut belum ada yang meneliti nanofiber PVA Gohsenol dengan bahan pengisi (filler) ekstrak Curcuma Mangga Val. CMV telah terbukti memiliki aktivitas antimikroba yang dapat menahan beberapa bakteri seperti *Pseudomonas aureginosa*, *Staphylococcus aureus* dan bakteri lainnya yang dapat menyebabkan infeksi kulit (Novita, 2011). Selain itu, mengandung tanin, kurkumin, gula, minyak atsiri, damar, flavonoid, dan protein toksis yang dapat menghambat perkembangbiakan sel kanker (Pujimulyani et al., 2010). Oleh karena itu, secara tradisional telah digunakan untuk perawatan luka dan berbagai aplikasi medis. Dengan demikian membran serat nano PVA/CMV akan dapat memiliki beberapa sifat diantaranya sifat non-toksitas, non-karsinogenisitas, dan bio-perekat yang akan membentuk lapisan ekstraksi yang sangat baik pada permukaan matriks polimer dengan sifat emulsi dan perekat yang memiliki banyak keunggulan dalam pembalutan luka luar.

Fabrikasi dan karakterisasi membran serat nano PVA / CMV pada penelitian ini dilakukan dengan melalui empat tahapan. Tahap pertama yaitu proses pembuatan larutan PVA / CMV dengan beberapa variasi konsentrasi (0,2,5,10,15 w/w). Tahap kedua yaitu melakukan pengukuran parameter larutan diantaranya molecular weight (MW), konsentrasi, tegangan permukaan, konduktivitas dan viskositas dari larutan PVA/CMV. Beberapa parameter larutan tersebut diduga secara signifikan mempengaruhi morfologi fiber hasil proses electrospinning. Oleh karena itu, morfologi fiber yang diharapkan dapat dicapai dengan mengatur parameter-parameter tersebut (Ding dkk., 2001) Tahap ketiga yaitu optimasi kondisi electrospinning dan pembuatan membran serat nano PVA / CMV dengan metode electrospinning. Tahap terakhir adalah menganalisa sifat mekanik setelah dilakukan pengujian tarik, sehingga dapat mengetahui sifat tarik membran serat nano. Selanjutnya dilakukan karakterisasi membran serat

nano PVOH / CMV menggunakan hasil pemindaian Scanning Electron Microscope (SEM) sehingga dapat mengetahui morfologi membran serat nano.

2. Metode Penelitian

2.1 Pembuatan Spesimen

Pembuatan larutan PVA / Curcuma Mangga Val dilakukan dalam beberapa proses. Urutan proses pembuatan larutan adalah sebagai berikut :

1. Menimbang 10 gr PVA dan 90 gr Aquades yang diletakan pada beker menggunakan timbangan digital.
2. Mencampur 10 gr PVA dan 90 gr menggunakan magnetic stirrer dengan kondisi temperatur pengadukan 35 oC dan kecepatan 200rpm selama 1 jam.
3. Selama proses pencampuran larutan polimer harus diperhatikan gumpalan yang timbul akibat panas yang tidak merata. Hal ini diatasi dengan mencampurkan kembali gumpalan ke dalam larutan polimer menggunakan pinset steril.
4. Larutan di dinginkan pada suhu ruangan \pm 5 jam, sehingga gelembung – gelembung udara yang terperangkap seluruhnya menghilang.
5. Selanjutnya, dilakukan pembuatan larutan polimer PVA / Curcuma Mangga Val dengan kondisi pengadukan 200 rpm selama 2 jam dan tanpa pemanasan. Pembuatan larutan dengan kode sample A-E sesuai dengan tabel dibawah ini.

Tabel 1. Perbandingan konsentrasi larutan PVA / Curcuma Mangga Val

Nama Sampel	Konsentrasi Larutan	Perbandingan (%/w)
A	PVA / Curcuma Mangga Val 0% (%/w)	100% : 0%
B	PVA / Curcuma Mangga Val 2% (%/w)	98% : 2%
C	PVA / Curcuma Mangga Val 5% (%/w)	95% : 5%
D	PVA / Curcuma Mangga Val 10% (%/w)	90% : 10%
E	PVA / Curcuma Mangga Val 15% (%/w)	85% : 15%

6. Simpan larutan polimer ke dalam gelas yang kedap udara menghindari kontaminasi dari bakteri.

7. Masukan kedalam lemari pendingin, guna menjaga larutan tetap pada suhu kamar.

2.2 Optimasi *Electrospinning*

Proses optimasi *elctrospinning* diawali dengan menyiapkan larutan PVA 10%(w/w) dan ekstrak CMV 15% sebanyak 5 ml dimasukan ke dalam syringe. Tahap selanjutnya yaitu mengatur setup *electrospinning* diantaranya tegangan, jarak, diameter spinnerate dan waktu 20 menit. Parameter optimasi *electrospinning* ditampilkan pada gambar 2.1

2.3 Pembuatan membran serat nano

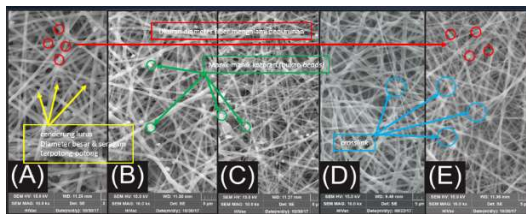
Fabrikasi membran nanofiber dilakukan pada parameter optimum *electrospinning*. Proses fabrikasi membran terbagi menjadi 2, diantaranya fabrikasi sampel optik dan sampel uji tarik. Pembuatan sampel optik dilakukan pada sebuah gelas preparat yang ditempelkan pada bidang kolektor selama 10 detik. Sedangkan sampel uji tarik dilakukan selama 2 jam pada bidang alumunium foil yang ditempelkan pada plat kolektor. Proses fabrikasi membran nanofiber PVA/Curcuma Mangga Val dilakukan dengan menggunakan alat *electrospinning* hasil rekayasa laboratorium teknik mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa morfologi dan distribusi diameter membran nanofiber hasil citra SEM

Gambar 2.(A) menunjukkan hasil SEM fiber hasil *elektrospinning* dari larutan PVA dengan konsentrasi ekstrak CMV 0% atau PVA Gohsenol™ 100%. Pada konsentrasi ini dan bentuk fiber cenderung lurus, terdapat sedikit manik-manik kotoran pada fiber (bukan beads) dan terpotong-potong. Fiber yang dihasilkan memiliki ukuran diameter yang cenderung seragam dan besar (\approx 200- \approx 600nm) dengan rata-rata diamater fiber sebesar \approx 447nm. Hampir keseluruhan fiber terpotong atau tidak kontinyu. Pada satu fiber memiliki diameter yang seragam.

Gambar 2.(B) menunjukkan hasil elektrospinning dengan konsentrasi ekstrak CMV 2%. Fiber terbentuk dengan perbedaan diameter yang cukup signifikan, lurus serta sedikit terpotong. Manik manik kotoran (bukan beads) yang muncul cenderung merata di seluruh fiber dengan ukuran yang cukup besar jika dibandingkan dengan diameter fibernya. Ukuran fiber untuk setiap benang cenderung seragam dan lebih kecil dibandingkan hasil fiber dengan konsentrasi 0%. Berkisar antara (200- 500 nm) dengan rata rata diameter fiber 376nm.



Gambar 2. Hasil citra SEM membran serat nano PVA/CMV

Gambar 2.(C) menunjukkan fiber hasil elektrospinning dengan konsentrasi ekstrak CMV 5%. Terlihat fiber berbentuk lurus dan dipenuhi dengan manik-manik kotoran (bukan beads) yang diakibatkan oleh pemindahan dan penyimpanan membran nanofiber tidak pada kondisi vakum. Diameter fiber juga cenderung beragam antara (100- 400nm) dengan diameter rata-rata fiber sebesar 300nm.

Gambar 2 (D) dan 2 (E) memperlihatkan hasil SEM dari fiber hasil elektrospinning larutan dengan konsentrasi ekstrak CMV 10% dan 15%. Morfologi fiber dari kedua konsentrasi ini hampir sama. Fiber bergelombang dan terpotong, serta banyak terdapat crosslink yang diakibatkan viskositas yang rendah sehingga saat fiber nano jatuh pada area kolektor belum kering dan saling menimpa. Diameter fiber cenderung lebih kecil di bandingkan dengan fiber dengan konsentrasi 0%,2%,dan 5% yang diakibatkan pengaruh nilai konduktivitas yang naik berbanding lurus (linier) dengan konsentrasi ekstrak CMV. Diameter dengan ekstrak 10% berkisar antara (100- 400nm) dengan diameter rata-

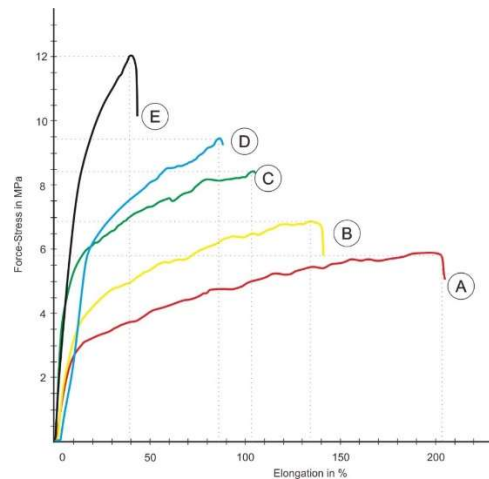
rata sebesar 268nm. Sedangkan diameter fiber dengan konsentrasi ekstrak 15% berkisar antara (100- 400 nm) dengan diameter rata-rata sebesar 228 nm.

3.2 Kuat tarik dan modulus elastisitas membran nanofiber

Membran nanofiber PVA/CMV yang dihasilkan pada penelitian ini diuji dengan standar uji tarik tipe ASTM D882. Dari hasil pengujian dihasilkan sebuah kurva uji tarik. Kurva ini merupakan gambaran dari proses pembebanan pada spesimen kerja mulai dari awal penarikan hingga spesimen kerja itu putus sehingga dapat diketahui sifat kuat tarik, regangan, dan modulus elastisitasnya. Tabel 2. di bawah ini menunjukkan tabulasi data kurva hasil uji tarik membran serat nano PVA/CMV dari beberapa konsentrasi (0, 2, 5, 10, dan 15 %).

Tabel 2. Tabulasi data kurva tegangan regangan serat nano PVA/CMV

Sample	a (mm)	b (mm)	L (mm)	F Max (N)	Tensile Strength (Mpa)	Strain at F Max (%)
A (0%)	0,0594	10	20	3,3439	5,4612	204,451
B (2%)	0,04641	10	20	3,2457	6,9935	133,9933
C (5%)	0,05029	10	20	4,3969	8,743	102,1443
D (10%)	0,06269	10	20	6,0025	9,575	86,6294
E (15%)	0,05212	10	20	6,3187	12,1235	39,3516

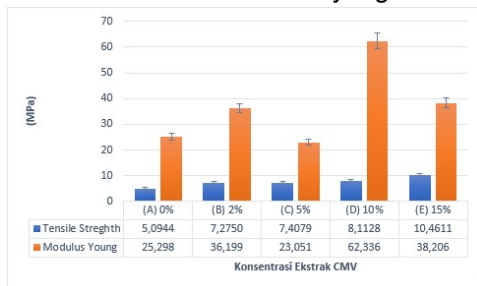


Gambar 3. Kurva tegangan regangan serat nano PVA/CMV

Dari kurva pada Gambar 3 dapat diamati hasil pengujian tarik membran serat nano PVA/CMV dari beberapa konsentrasi (0, 2, 5, 10, dan 15 %). Nilai regangan cenderung menurun berbanding terbalik dengan penambahan ekstrak CMV. Namun nilai

tarik cenderung naik drastis, yang artinya semakin banyak penambahan ekstrak CMV maka sifat yang timbul adalah membran serat nano semakin kuat namun getas (tidak mulur).

Hasil uji tarik membran nanofiber PVA/CMV dapat dilihat pada tabel 2 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa penambahan ekstrak CMV dengan konsentrasi 10% mampu menaikkan kuat tarik hingga dua kali lipat. Hal ini berarti ekstrak CMV terbukti menjadi (filler) bahan pengisi polimer PVA yang baik dan memiliki sifat kuat tarik yang baik.



Gambar 4. Perbandingan pengaruh konsentrasi ekstrak CMV terhadap kuat tarik dan modulus elastisitas dari membran nanofiber.

3.3 Analisa parameter larutan polimer PVOH/CMV

Parameter larutan memegang peranan penting terhadap karakteristik fiber yang dihasilkan (Zekri et al, 2008). Pada penelitian ini, dilakukan pengkajian terhadap tiga jenis parameter larutan yaitu : konsentrasi, konduktivitas dan viskositas. Secara keseluruhan, hasil pengukuran untuk masing-masing parameter ditujukan pada tabel 3.

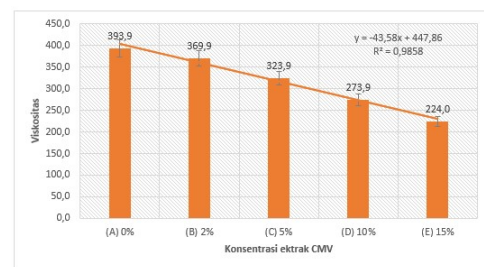
Tabel 3. Hasil Pengukuran Parameter Larutan

Nama Sampel	Konsentrasi Ekstrak CMV (%)	Viskositas (N/m ² s)	Konduktivitas (mS/cm)	Diameter rata rata fiber (nm)
A	0%	39,39	2,01	446,87
B	2%	36,99	2,13	376,26
C	5%	32,39	2,30	294,67
D	10%	27,39	2,51	267,72
E	15%	22,40	2,80	228,22

Nilai viskositas larutan pada penelitian ini cenderung menurun dari mulai konsentrasi ekstrak CMV 0%-15% yang diiringi dengan menurunnya diameter rata – rata fiber. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan Pham et al (2006) semakin tinggi nilai viskositas suatu larutan maka diameter fiber yang akan dihasilkan dari suatu

proses elektrospinning akan semakin besar.

Nilai viskositas yang cenderung menurun dalam proses elektrospinning menimbulkan pengaruh dalam hasil fabrikasi. Menurut Pham et al (2006), semakin tinggi nilai viskositas suatu larutan maka diameter fiber akan semakin besar. Semakin besar viskositas larutan maka fiber yang dihasilkan akan stabil dan seragam. Selain itu dengan viskositas yang semakin besar maka manik-manik (beads) dan percabangan (crosslink) pada membran akan semakin berkurang. Namun apabila nilai viskositas terlalu tinggi akan mengakibatkan larutan cepat mengering sebelum pancaran terbentuk pada ujung jarum syringe yang mengakibatkan sukar terbentuknya Taylor cone.

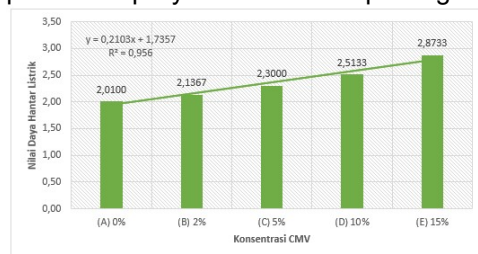


Gambar 5. Perbandingan konsentrasi terhadap nilai viskositas

Hasil pengukuran konduktivitas larutan pada penelitian ini menunjukkan bahwa konduktivitas pada ekstrak CMV memiliki nilai yang jauh lebih tinggi dibandingkan konduktivitas larutan polimer PVA Gohsenol 10%. Ekstrak CMV memiliki nilai konduktivitas sebesar 8.69 mS/cm, sedangkan larutan polimer PVA Gohsenol 10% hanya 2.01 mS/cm. Nilai konduktivitas yang tinggi pada ekstrak CMV dikarenakan pada struktur molekul CMV terdapat muatan ion positif.

Jika suatu konduktivitas larutan adalah nol, maka fiber tidak dapat terbentuk oleh proses elektrospinning (Hangrojanawat et al, 2004). Meningkatkan konduktivitas larutan berarti meningkatkan gaya elongasi yang diakibatkan oleh tegangan listrik (Zekri et al, 2008). Penelitian ini menggunakan tegangan listrik konstan pada nilai 13kV. Ketika nilai konduktivitas naik sementara tegangan

dibuat konstan maka terjadi kenaikan gaya tarik pada sistem electrospinning. Peristiwa ini terjadi dikarenakan konduktivitas mengakibatkan gaya tolak pada permukaan pancaran menjadi semakin besar. Pada penelitian ini di dapati hasil bahwa nilai konduktivitas naik seiring dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak CMV. Parameter konduktivitas dapat menjadi penyebab terbatasnya kemampuan electrospinning dikarenakan terlalu kuatnya gaya tarik menuju kolektor dibandingkan nilai viskositas yang semakin menurun. Jika viskositas semakin menurun ditambah nilai konduktivitas yang semakin naik, hal ini menimbulkan resiko timbulnya peristiwa spray dalam electrospinning.



Gambar 6. Perbandingan konsentrasi terhadap nilai konduktivitas larutan

3. Kesimpulan

1. Membran nanofiber PVA Gohsenol / Curcuma Mangga Val dengan variasi konsentrasi ekstrak CMV 0-15% pada persen berat berhasil difabrikasi dengan metode electrospinning dengan kondisi optimum pada tegangan 23 kV dan jarak TCD 10 cm.
2. Parameter larutan diantaranya konsentrasi, viskositas dan konduktivitas berpengaruh terhadap hasil fabrikasi fiber. Seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak Curcuma Mangga Val :
 - 1.) Nilai viskositas menurun diikuti dengan naiknya diameter rata-rata nanofiber.
 - 2.) Nilai konduktivitas naik mempengaruhi electrospinnabilitas, meski nilai viskositas turun, membran serat nano masih dapat difabrikasi dengan baik.
 - 3.) Nilai kuat tarik meningkat hingga 100%
3. Semakin besar konsentrasi ekstrak Curcuma Mangga Val maka semakin kecil diameter rata-rata

dari nanofibernya. Hal tersebut mengakibatkan porositas dan luas pori rata rata nanofiber semakin kecil sehingga nilai kuat tarik meningkat drastis hingga 100%.

4. Sifat mekanik paling baik ditunjukkan oleh membran nanofiber PVA Gohsenol / Curcuma Mangga Val pada konsentrasi ekstrak CMV 15%.

Daftar Pustaka

- Ding, B., Kim, H., Lee, S., Lee, D., dan Choi, K., 2002, Preparation and Characterization of Nanoscaled Poly(vinyl Alcohol) Fibers via Electrospinning, *Fibers and Polymers*, Vol.3, No.2 : 73-9.
- Fried, J.R., 2014, *Polymer Science and Technology: Third Edition*, Pearson Education, Inc., United States of America. 25-66
- Harsojo, Kuwat Triyana, and Harini Sosiati. 2013. "Studi Pembuatan PVA Nano Fiber Dengan Electrospinning." 16–19.
- Li, D., Xia, Y., 2004. Electrospinning of Nanofibers: Reinventing the Wheel 1151–1170.
- Mutia, Theresia and Rifaida Eriningsih. 2012. "Penggunaan Webs Serat Alginat / Polivinil Alkohol Hasil Proses Electrospinning Untuk Pembalut Luka Primer." *Jurnal Riset Industri VI(2):137–47*.
- Nugroho, A.W., Sholeh, I.N., Sosiati, H., The effect of snail mucin (*achatina fulica*) concentration on morphology and tensile properties of pva/snail mucin nanofiber membrane (to be published).
- Ramakhrisna, S., Fujihara, K., Teo, W. E., Lim, T. C., dan Ma, Z., 2007, *An Introduction to Electrospinning and Nanofibers*, World Scientific Publishing, London.Vol.19 No.3
- Rwei, S.P., dan Huang, C.C., 2012, Electrospinning PVA Solution-Rheology and Morphology Analyses, *Fibers and Polymers*, Vol.13, No.1, 44-50.
- Sousa, A.M.M., Souza, H.K.S., Uknalis, J., Liu, S. C., Goncalves, M. P., dan Liu, L., 2015, Electrospinning of Agar/PVA Aqueous Solutions and its relation with Rheological Properties, *Carbohydrate Polymers*, 115: 348-55.
- Sosiati, H., Widodo,A.N., Nugroho, A.W., Morphology and Tensile Properties of Aloe Vera/PVA Nanofiber Membranes (to be published)
- Viswanath, D.S., Ghosh, T.K., Prasad, D. H. L., Dutt, N. V. K., dan Rani, K. Y., 2007, *Viscosity of Liquids : Theory, Estimation, Experiment, and Data* Springer, Netherlands. 109-133