

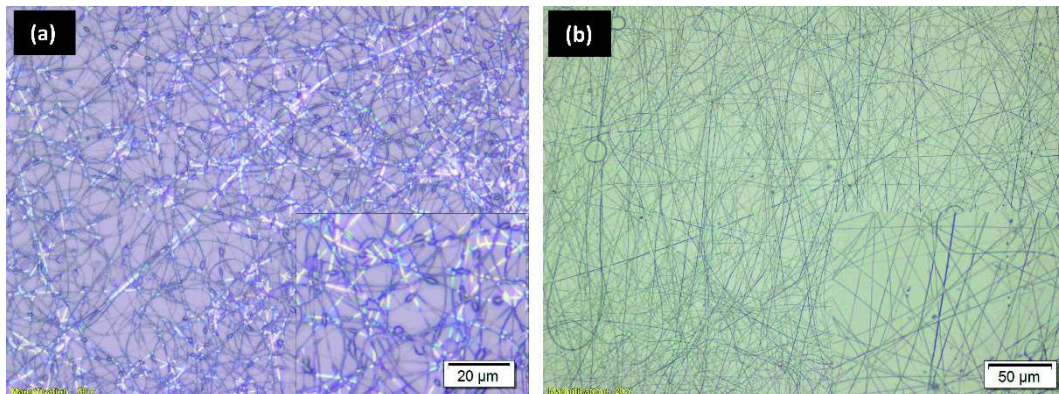
BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Optimasi parameter tegangan dan jarak TCD

Proses optimasi *electrospinning* diawali dengan menyiapkan larutan polimer PVA 85% dan ekstrak CMV 15% (w/w) sebanyak 5 ml dimasukan pada *syringe*. Tahap selanjutnya yaitu mengatur *setup electrospinning* yaitu tegangan dan jarak TCD. Variasi optimasi dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil optimasi parameter tegangan dan jarak TCD

Jarak TCD (cm)	Besarnya Tegangan (kV)	Hasil	
		<i>Electrospinability</i>	Bentuk Fiber
10	18	Ya	Fiber terbentuk, terdapat banyak <i>circle</i>
	20	Ya	Fiber terbentuk, diameter besar namun banyak <i>circle</i>
	21	Ya	Fiber terbentuk namun diameter fiber terlalu besar
	23	Ya	Fiber terbentuk dengan baik
	25	Ya	Fiber terbentuk, namun diameter kecil
13	18	Ya	Fiber terbentuk, diameter besar namun banyak <i>circle</i>
	20	Ya	Fiber terbentuk, namun terdapat <i>circle</i>
	21	Ya	Fiber terbentuk, diameter kecil, terdapat <i>circle</i>
	23	Ya	Fiber terbentuk, diameter kecil, terdapat <i>circle</i>
	25	Tidak	Fiber terlalu kecil
15	18	Ya	Fiber terbentuk, namun diameter kecil, banyak <i>circle</i>
	20	Ya	Fiber terbentuk, banyak <i>circle</i>
	21	Ya	Fiber terbentuk, banyak <i>circle</i>
	23	Tidak	Fiber terlalu kecil
	25	Tidak	Fiber terlalu kecil
17	18	Tidak	Tidak dapat di elektrospinning
	20		
	21		
	23		
	25		



Gambar 4.1 Hasil citra fiber menggunakan *microscope optic* (a). Kondisi fiber kurang optimum (b) Kondisi optimum

Proses *spraying* selama 10-15 detik pada kaca preparat, selanjutnya dianalisa menggunakan *Microscope Optic* guna mengetahui morfologi fiber yang terbentuk. Telah didapati hasil optimasi parameter tegangan dan jarak TCD paling optimum adalah 23kV pada 10 cm. Selanjutnya dengan parameter tegangan 23kV dan jarak TCD 10cm dilakukan proses *spraying* pada kolektor *aluminium foil* selama 2 jam

4.2 Analisa morfologi dan distribusi diameter membran nanofiber hasil citra SEM

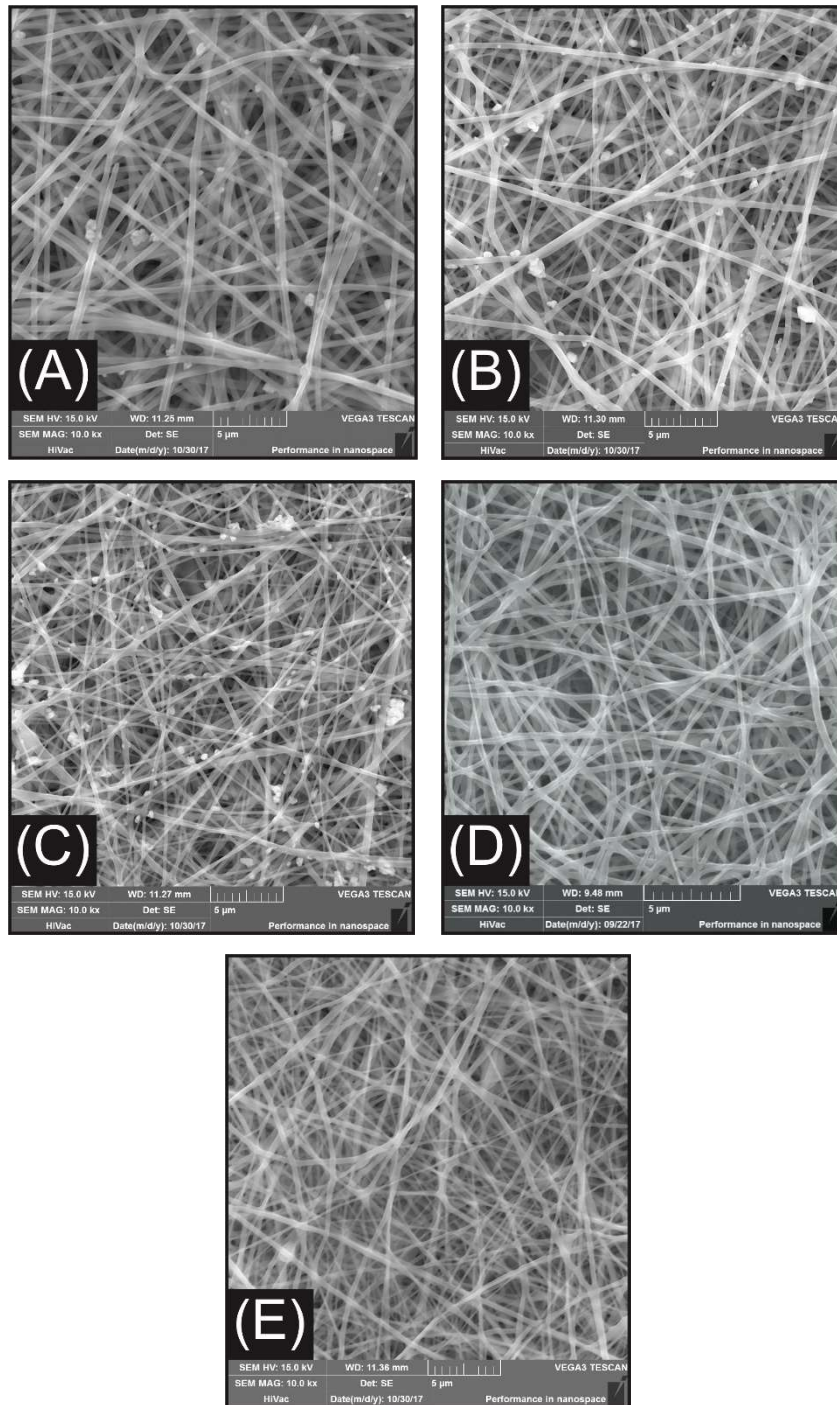
Membran nanofiber PVA/CMV difabrikasi dengan perbandingan PVA dan CMV dengan beberapa variasi konsentrasi (0,2,5,10,15 w/w). Analisis morfologi nanofiber dilakukan dengan menggunakan SEM. Foto hasil SEM ditampilkan pada gambar 4.4.

Gambar 4.2.(A) menunjukkan hasil SEM fiber hasil elektrospinning dari larutan PVA dengan konsentrasi ekstrak CMV 0% atau PVA *Gohsenol*TM 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 (≈ 200 - ≈ 600 nm) dengan rata-rata diameter fiber sebesar ≈ 447 nm. Hampir keseluruhan fiber terpotong atau tidak kontinyu. Pada satu fiber memiliki diameter yang seragam.

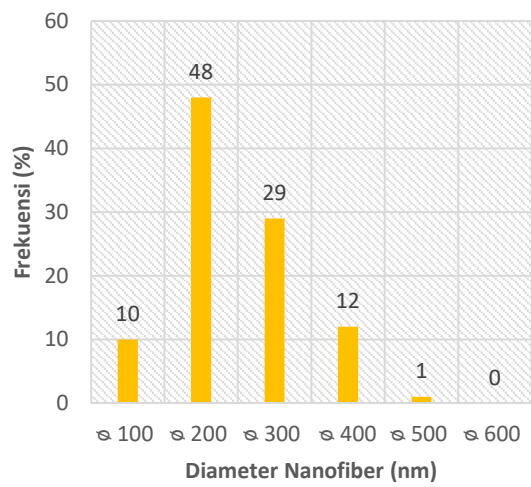
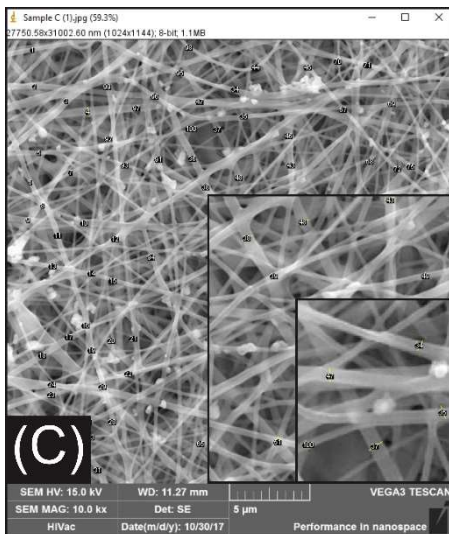
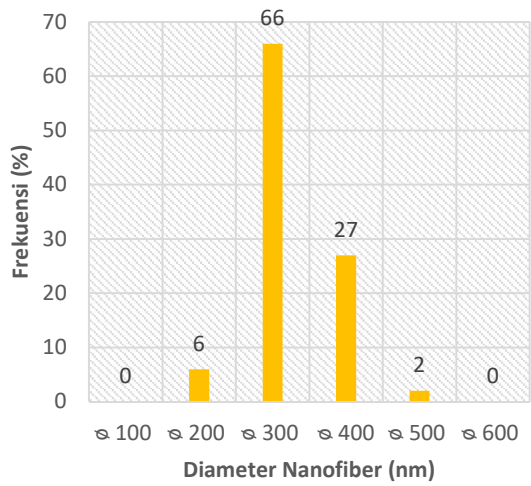
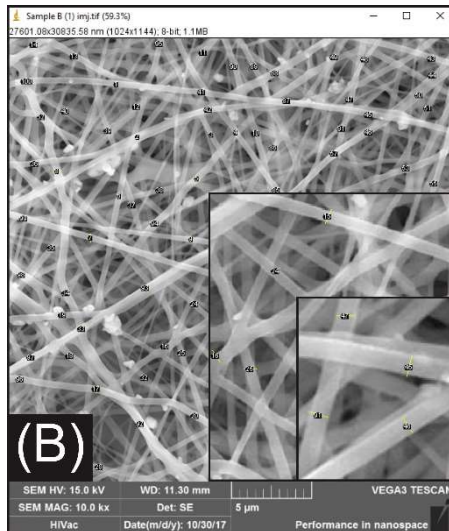
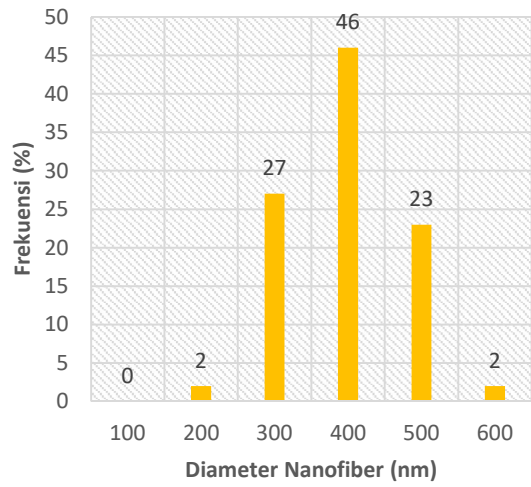
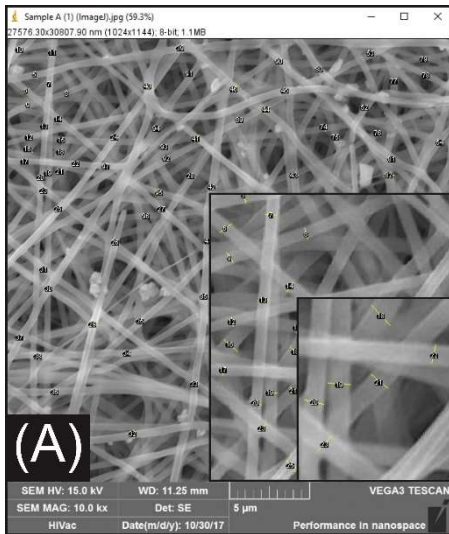
Gambar 4.2.(B) menunjukkan hasil elektrospinning dengan konsentrasi ekstrak CMV 2%. Fiber terbentuk dengan perbedaan diameter yang cukup signifikan, lurus serta sedikit terpotong. Manik manik kotoran (bukan *beads*) yang muncul cenderung merata di seluruh fiber dengan ukuran yang cukup besar jika dibandingkan 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.

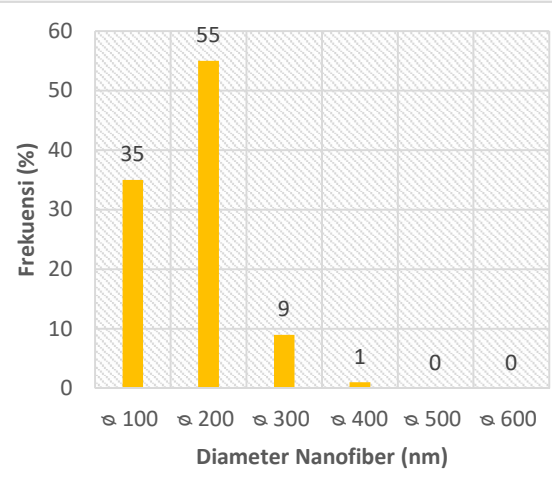
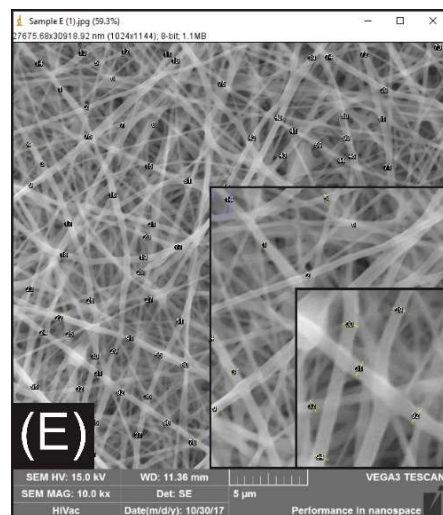
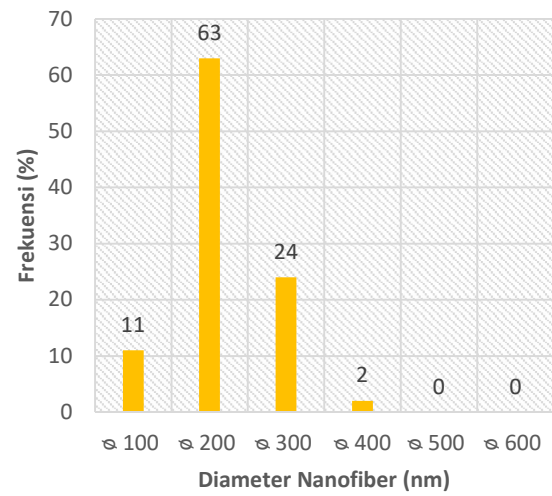
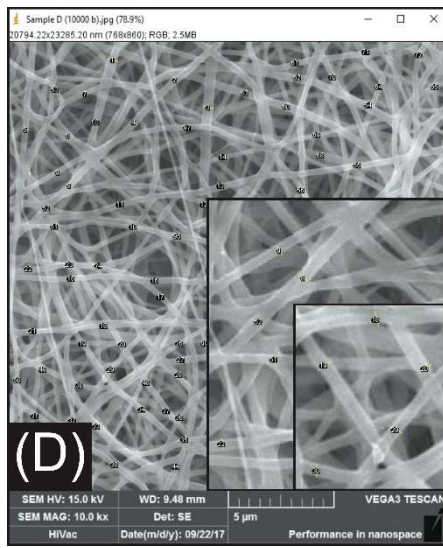
Gambar 4.2.(C) menunjukkan fiber hasil elektrospinning dengan konsentrasi ekstrak CMV 5%. Terlihat fiber berbentuk lurus dan dipenuhi dengan manik-manik kotoran (bukan *beads*) yang diakibatkan oleh pemindahan dan penyimpanan membran nanofiber tidak pada kondisi vakum. Diameter fiber juga cenderung beragam antara (≈100- ≈400nm) dengan diameter rata-rata fiber sebesar ≈ 300nm.

Gambar 4.2 (D) dan 4.4 (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.

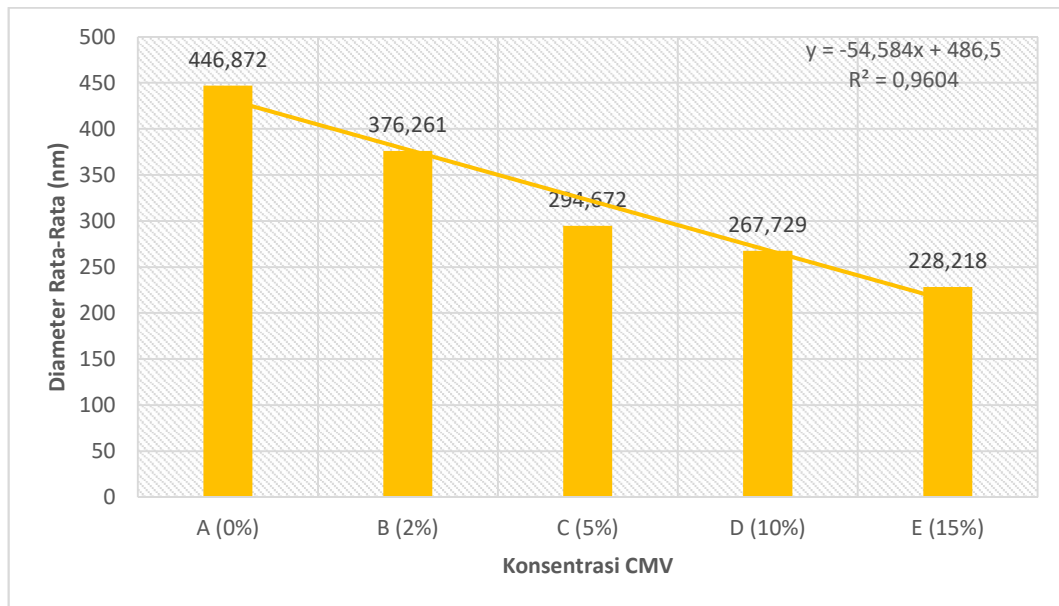


Gambar 4.2 Foto morfologi serat PVA/CMV menggunakan *Scanning Electron Microscope* ; (A) 0% ; (B) 2% ; (C) 5% ; (D) 10% ; (E); 15%





Gambar 4.3 Distribusi diameter serat nano PVA/CMV ; (A) 0% ; (B) 2% ; (C) 5% ; (D) 10% ; (E); 15%



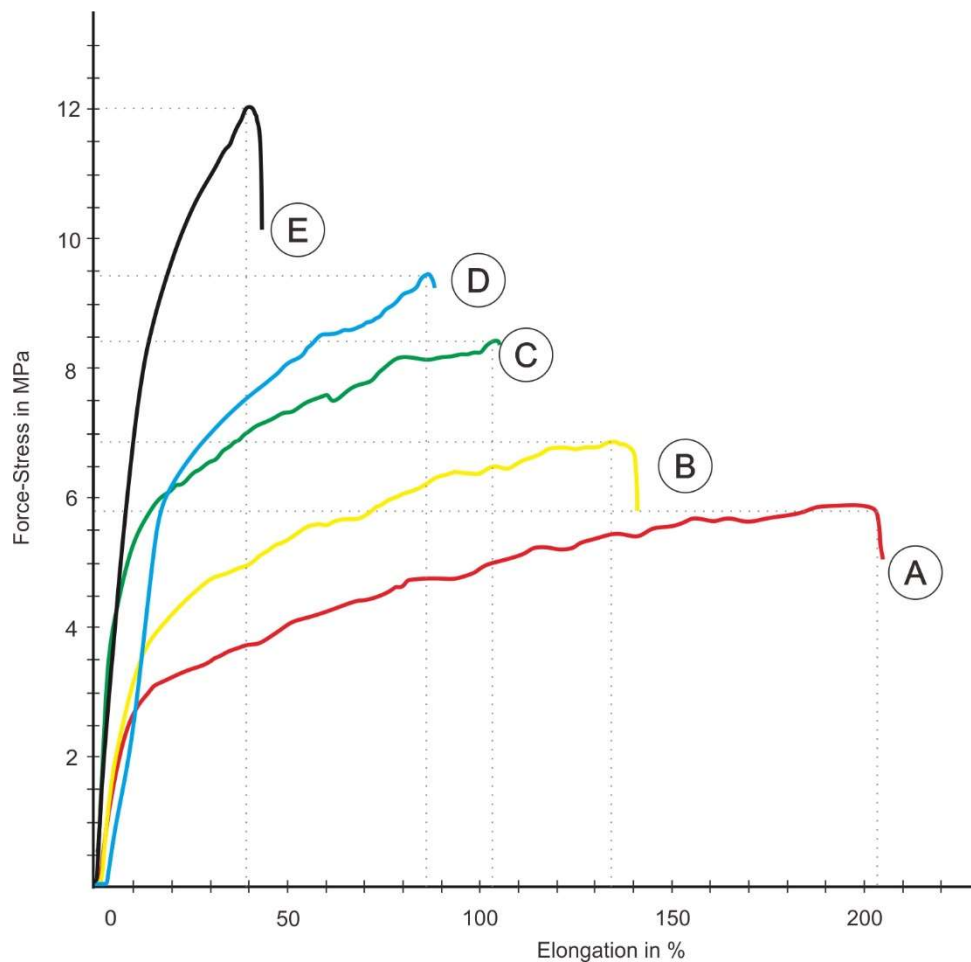
Gambar 4.4 Perbandingan diameter rata rata nanofiber terhadap konsentrasi PVA/CMV

4.3 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 4.2 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 4.2 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

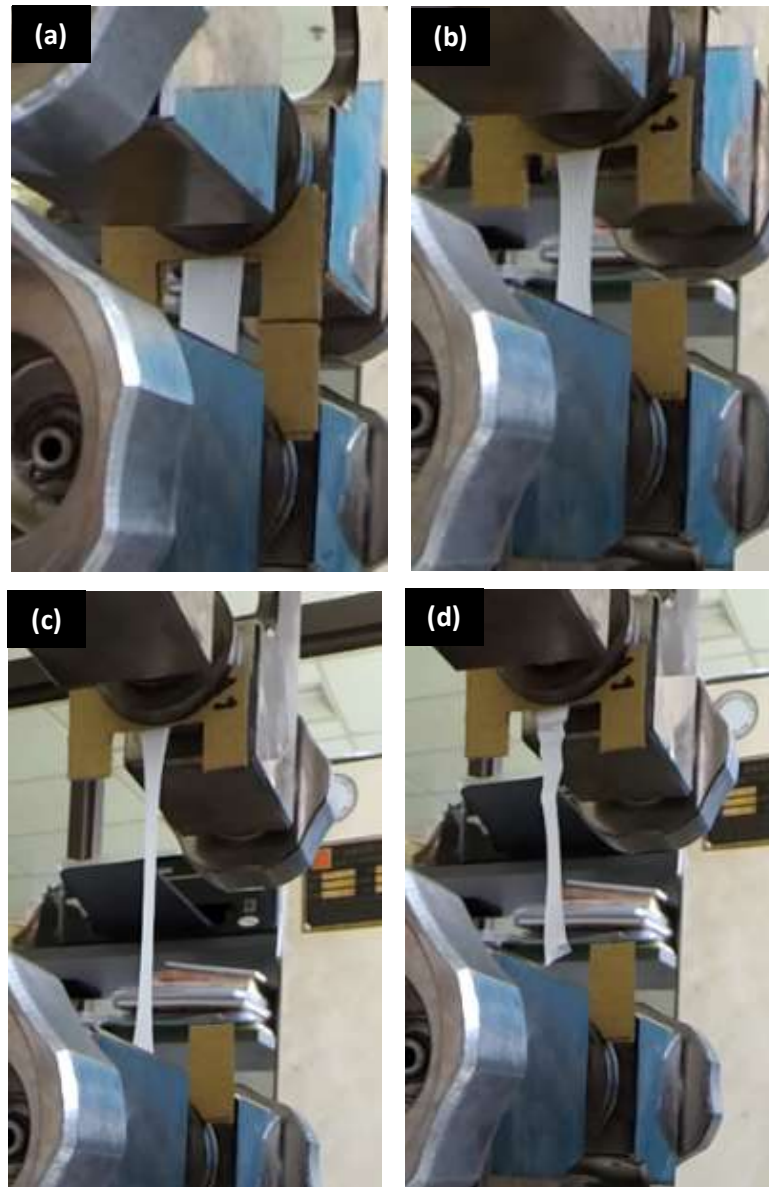


Gambar 4.5 Kurva tegangan regangan serat nano PVA/CMV

Dari kurva pada Gambar 4.5 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).

Gambar 4.6 (a) menunjukkan kondisi membran sebelum mengalami pembebanan. Kondisi pada Gambar 4.6 (b) dan (c) menunjukkan kondisi membran yang mengalami peregangan akibat pembebanan. Peregangan tersebut menunjukkan bahwa membran komposit yang dihasilkan pada penelitian ini bersifat elastis. Pembebanan yang semakin besar mengakibatkan regangan komposit melewati batas elastisnya sehingga mengakibatkan deformasi permanen.

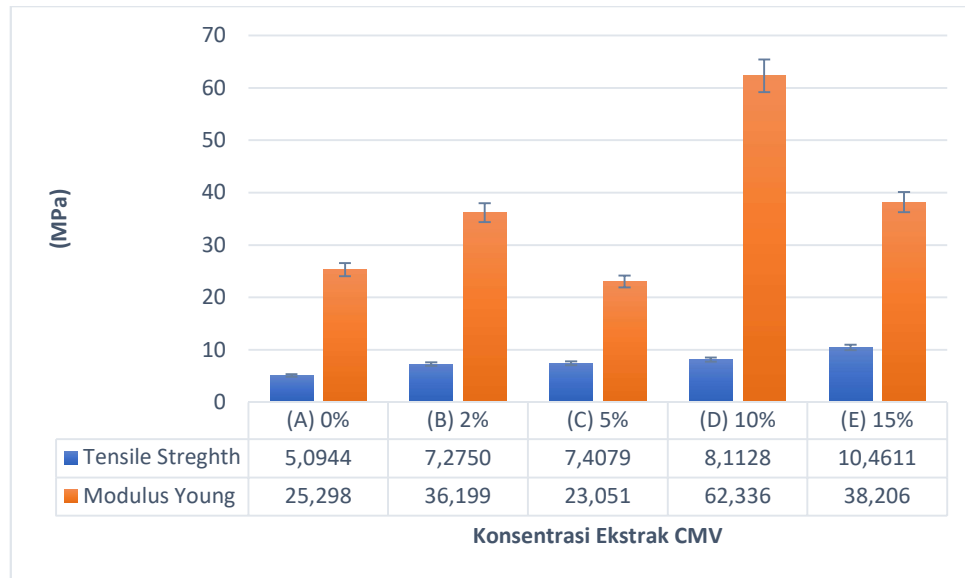
Akibatnya membran tidak dapat kembali ke kondisi awal. Apabila pembebanan terhadap membran terjadi terus-menerus maka akan menyebabkan terjadinya patahan (putus) pada daerah tertentu yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 (d)



Gambar 4.6 Kondisi Uji tarik membran serat nano PVA/cmV sesuai *standard* ASTM D882
(a). Kondisi belum ada pembebanan, (b) kondisi mulai terjadi regangan, (c) kondisi meregang maksimal, (d) kondisi ketika putus atau terjadi patahan

Hasil uji tarik membran nanofiber PVA/CMV dapat dilihat pada tabel 4.1 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.1. 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 4.7 Perbandingan pengaruh konsentrasi ekstrak CMV terhadap kuat tarik dan modulus elastisitas dari membran nanofiber.

4.4 Pengendalian paramater kondisi lingkungan

Perubahan temperatur dalam proses elektrospinning akan berpengaruh pada proses laju penguapan pelarut dan viskositas larutan (Vrieze *et al*, 2009). Kondisi lingkungan (terutama suhu) selalu berubah terhadap waktu, sehingga dapat menyebabkan bentuk dan kualitas nanofiber yang dihasilkan tidak konsisten. Pada penelitian yang lain dengan meningkatkan kelembaban dari 25% menuju 70% bisa menurunkan amplitude gangguan pada terbentuknya jet, sehingga diperoleh ukuran jet yang lebih lurus dan panjang (Korkut *et al.*, 2008). Untuk itu, kondisi lingkungan (suhu, kelembaban dan laju aliran udara) perlu diperhatikan atau dikontrol untuk keberhasilan dalam pembuatan nanofiber. Peneliti melakukan pabriaksi membran nanofiber pada malam hari pukul 21.00-12.00 dimana parameter – parameter tersebut lebih mudah dikontrol pada malam hari.

Tabel 4.3 Pengendalian parameter kondisi lingkungan

Parameter	Nilai Besaran
Suhu	21°C
Kelembaban	72%
Laju aliran udara	Dianggap nol, karena mesin telindungi box akrilik

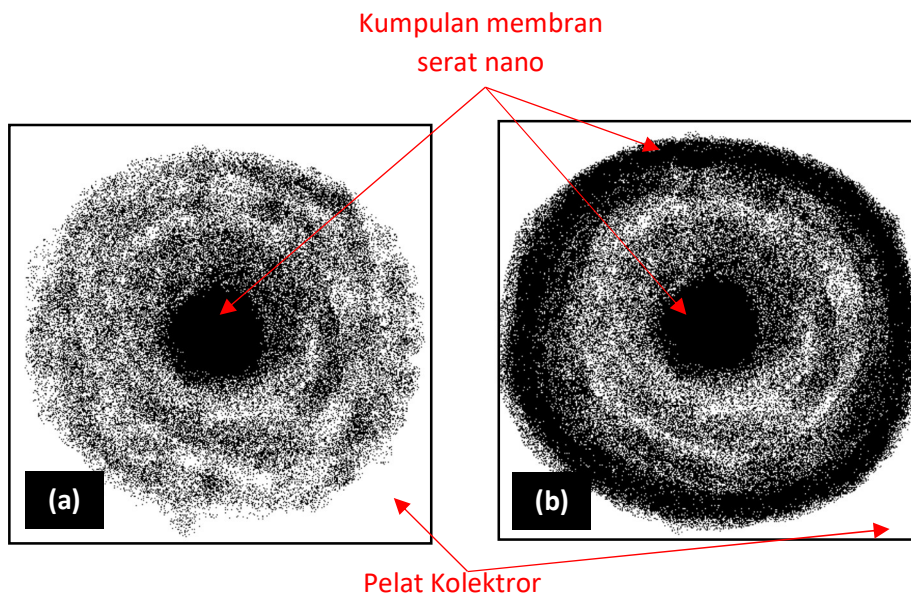
4.5 Analisa parameter larutan polimer PVOH/CMV

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 ditunjukkan pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Parameter Larutan

Nama Sampel	Konsentrasi Ekstrak CMV (%)	Viskositas (N/m ² s)	Konduktivitas (mS/cm)	Diameter rata rata <i>fiber</i> (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

Semakin besar viskositas suatu larutan, maka gaya elektrostatis yang dibutuhkan untuk menarik larutan tersebut juga akan semakin tinggi (He *et al*, 2004). Namun semakin berkurang viskositas larutan semakin rawan larutan tersebut menjadi *spray*. Fenomena *spray* terjadi karena molekul polimer tidak lagi terkait satu sama lain akibat gaya elektrostatis yang terlalu kuat. *Spray* adalah suatu fenomena dimana larutan tidak dapat membentuk *fiber* kontinu dan cenderung membentuk tetes-tetes (diskret). Pada kondisi ini, akan timbul cacat pada membran akibat viskositas yang terlalu tinggi antara lain *spot* membran dan *hollow* membran.



Gambar 4.8 Ilustrasi *spot* dan *hollow*

Gambar 4.8.(a) merupakan ilustrasi *Spot* membran merupakan kondisi dimana membran serat nano terkumpul pada satu titik ditengah kolektor. Sedangkan *hollow* membran adalah kondisi dimana membran serat nano yang dihasilkan membentuk seperti *hollow* pada *collector*, seperti ilustrasi pada Gambar 4.8.(b)

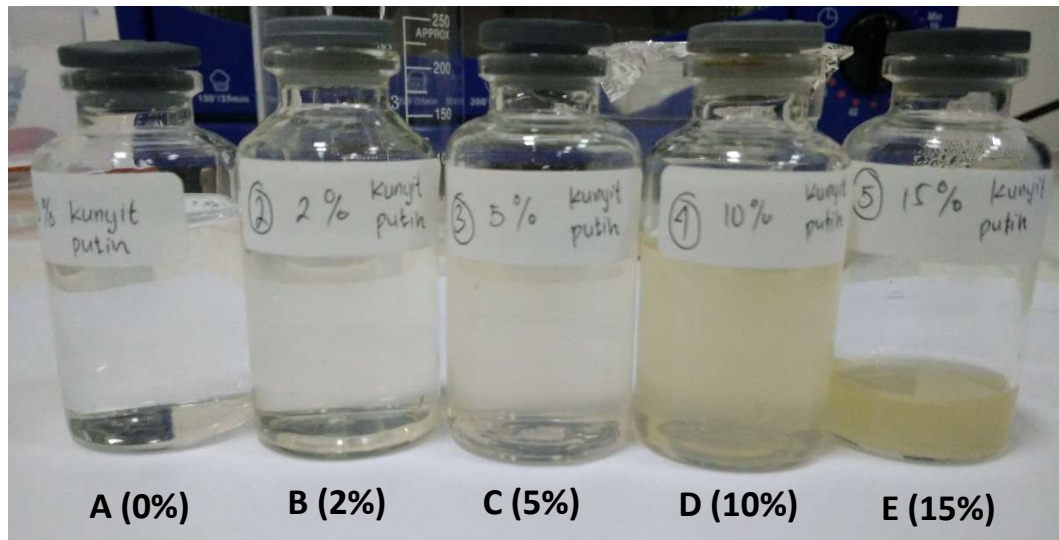
4.5.1 Nilai konsentrasi larutan

Konsentrasi suatu larutan merupakan perbandingan antara massa zat terlarut terhadap massa larutannya. Pada penelitian ini perhitungan konsentrasi menggunakan persen volum $\%(\text{v/v})$ dikarenakan perhitungan yang lebih sederhana dibandingkan menggunakan persen berat $\%(\text{w/w})$. Diketahui massa jenis (ρ) larutan polimer PVA *Gohsenol* 10% sebesar $0,92\text{gr/cm}^3$ dan massa jenis larutan ekstrak CMV sebesar 0.8gr/cm^3 . Guna mempermudah pembuatan variasi konsentrasi polimer PVOH/CMV maka dibuat perhitungan sesuai tabel dibawah ini:

Tabel 4.5 Konsentrasi larutan berdasar persen volum $\%(\text{v/v})$

Polimer PVOH 10%		Larutan CMV	
Konsentrasi (ml)	Berat (gr)	Konsentrasi (ml)	Berat (gr)
(A) 100 (ml)	92	(A) 0 (ml)	0
(B) 98 (ml)	90,16	(B) 2 (ml)	1,6
(C) 95 (ml)	87,4	(C) 5 (ml)	4
(D) 90 (ml)	82,8	(D)10 (ml)	8
(E) 85 (ml)	78,2	(E) 15 (ml)	12

Kandungan ekstrak CMV yang berbeda dari tiap variasi konsentrasi larutan umpan elektrospinning, secara visual mengakibatkan perbedaan warna pada larutan. Perbedaan warna larutan dapat dilihat pada Gambar 4.9

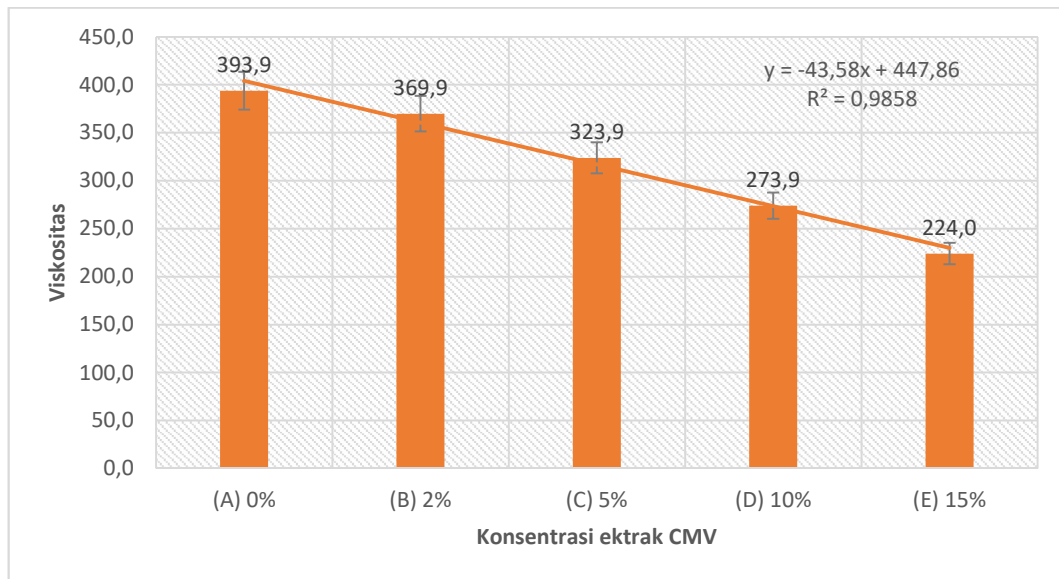


Gambar 4.9 Larutan polimer PVA *Gohsenol* / CMV dengan berbagai variasi konsentrasi Larutan polimer (A) tidak berwarna (bening) karena tidak mengandung ekstrak CMV. Semakin banyak kandungan ekstrak CMV maka semakin pekat pula warna yang ditimbulkan.

4.5.2 Pengaruh konsentrasi larutan terhadap nilai viskositas

Viskositas merupakan paramater yang sangat berpengaruh dalam proses pembentukan *fiber*. Viskositas yang terlalu rendah akan mengakibatkan fenomena *spray*. Sebaliknya jika viskositas terlalu tinggi akan mengakibatkan sulitnya suatu larutan untuk dipompa keluar dari ujung jarum pada *syringe*.

Viskositas secara langsung berhubungan dengan konsentrasi, berat molekul, struktur polimer, dan juga pelarut (Ziani *et al.*,2011). Oleh karena itu, perubahan konsentrasi ekstrak CMV pada larutan PVA/CMV dapat mengubah nilai viskositasnya. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai viskositas larutan PVA/CMV menurun berbanding terbalik dengan penambahan konsentrasi CMV, dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.10 Perbandingan konsentrasi terhadap nilai viskositas

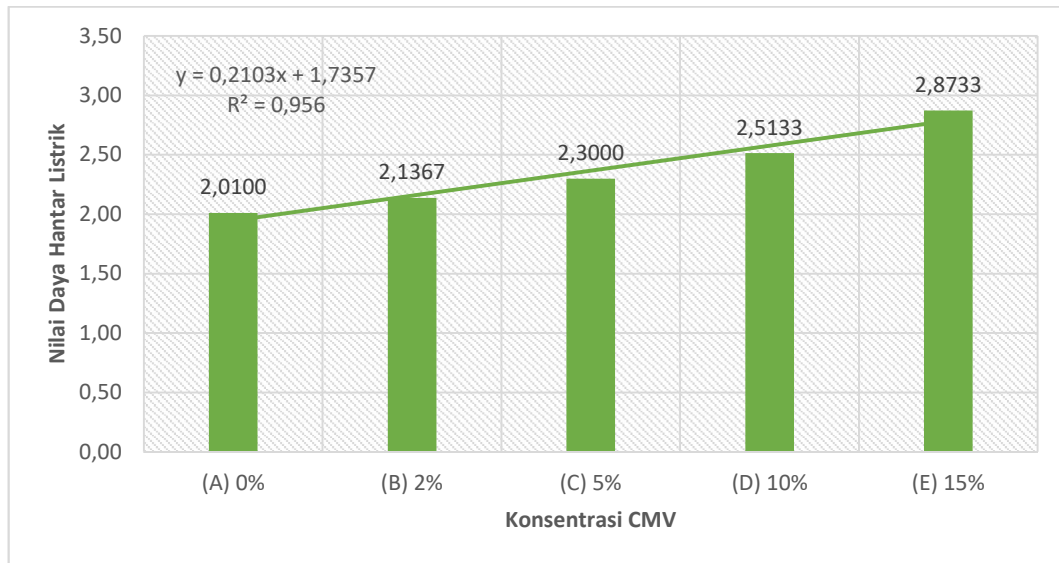
Nilai viskositas larutan pada penelitian ini cenderung menurun dari mulai konsentrasi ekstrak CMV 0%-15% yang diiringi dengan menurunnya diameter rata – rata *fiber*. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan Pham *et al* (2006) semakin tinggi nilai viskositas suatu larutan maka diameter *fiber* yang akan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

4.5.3 Pengaruh konsentrasi larutan terhadap nilai konduktivitas

Konduktivitas larutan menjadi salah satu parameter larutan yang mempengaruhi hasil dari proses elektrospinning. Konduktivitas larutan ditentukan oleh gerakan dari ion-ion pada larutan. Ketika beda potensial dikenakan pada

larutan, arus akan mengalir di dalam larutan yang bergantung jenis ion dan dipengaruhi oleh konsentrasi larutan. Hasil pengukuran nilai konduktivitas menunjukkan adanya pengaruh dari setiap variasi konsentrasi ekstrak CMV. Pada Gambar 4.11 semakin meningkat konsentrasi ekstrak CMV semakin meningkat pula nilai konduktivitas larutan PVA/CMV.



Gambar 4.11 Perbandingan konsentrasi terhadap nilai konduktivitas larutan

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 (Hangrojjanawat *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 elektrospinning. 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 elektrospinning 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 elektrospinning.