

# Karakterisasi Sifat Mekanis dan Fisis Elektrospon Nanoemulsi Kitosan (NeCS)/Poly(vinyl) Alkohol(PVA)

Ilham Dwi Septiaji<sup>a</sup>, Harini Sosiati<sup>a</sup>, Aris Widyo Nugroho<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
 Bantul, Yogyakarta, Indonesia

e-mail: ilhamdwi79@gmail.com

---

## Abstrak

Pembuatan membran *nanofiber* dengan bahan kitosan dan *polyvinyl alcohol* (PVA) telah dilakukan menggunakan metode *electrospinning*. Nanokitosan yang digunakan berbentuk emulsi yang mana disebut sebagai nanoemulsi kitosan (NeCS). Matriks yang digunakan yaitu larutan PVA. Pembuatan matriks dilakukan dengan melarutkan PVA kedalam aquades pada kadar 10% berat. Pada penelitian ini, menggunakan empat larutan dengan perbedaan konsentrasi NeCS dalam matriks yang digunakan, yaitu 0, 5, 10, dan 15% berat. Proses *electrospinning* dilakukan pada tegangan 15 kV, jarak antara ujung jarum dengan plat kolektor (TCD) 12 cm, dan diameter internal (ID) jarum *syringe* 0,6 mm. Morfologi membran *nanofiber* NeCS/PVA diamati menggunakan *scanning electron microscope* (SEM), karakterisasi larutan menggunakan viskometer dan konduktometer, dan analisa sifat mekanis menggunakan *universal testing machine*. Hasil menunjukkan penurunan viskositas mampu menurunkan ukuran diameter *fiber* dan konduktivitas elektrik larutan mampu mempengaruhi keseragaman diameter *nanofiber*. Membran *nanofiber* yang dihasilkan memiliki morfologi yang seragam dengan diameter dari 143,80-264,83 nm. Adapun hasil analisa sifat mekanis yang telah dilakukan menunjukkan membran *nanofiber* NeCS/PVA memiliki kuat tarik paling rendah pada konsentrasi NeCS 0% yaitu 7,099 MPa dan tertinggi pada konsentrasi NeCS 15% yaitu 8,6404 MPa. Adapun nilai modulus elastisitas membran yaitu antara 82,791 – 108,365 MPa. Membran *nanofiber* NeCS/PVA yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan mampu dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi terutama dalam bidang biomedis.

**Kata kunci:** Kitosan, PVA, nanofiber, electrospinning, biomedis

---

## 1. PENDAHULUAN

Biopolimer tersedia secara melimpah di alam, sekelompok besar komposisi biologis termasuk polisakarida, lipid, protein, dan lain-lain. Diantaranya, polisakarida yang umum dimanfaatkan yaitu selulosa, kitin, dan kitosan.<sup>1</sup> Kitin dan kitosan merupakan biopolimer yang melimpah kedua setelah selulosa. Kitosan bersumber dari exoskeleton dari krustasea seperti kulit udang, atau sumber lain seperti jamur dan beberapa sayap serangga. Sudah diketahui secara umum bahwa polisakarida memiliki sifat biokompatibel, biodegradabel, tidak beracun, dan antimikroba serta hidrofilis yang baik. Hal ini membuat kitosan sangat berguna di berbagai bidang seperti farmasi, pertanian, medis, kimia, dan lingkungan. Kitin dan kitosan merupakan polimer yang berlimpah dan mudah didapat. Reaksi pada kitosan lebih fleksibel dibanding selulosa karena kitosan memiliki gugus NH<sub>2</sub>. Dalam dua dekade ini penelitian mengenai polimer alam telah menarik perhatian karena ketersediannya yang melimpah.<sup>2</sup>

Polimer PVA digunakan pada penelitian ini karena sulitnya membuat membran nanofiber menggunakan bahan 100% kitosan. PVA merupakan polimer sintetik yang tidak beracun, dan larut dalam air, dimana ini digunakan secara luas untuk campuran polimer karena PVA baik dalam sifat fisis dan mekanis serta memiliki karakteristik pembentukan film yang baik. PVA sangat cocok digunakan dalam penelitian ini karena sifatnya yang *nontoxic*, biokompatibel, dan biodegradabel. PVA *nanofiber* telah menarik perhatian penelitian utama dalam aplikasi biomedis mendatang.<sup>3</sup>

*Electrospinning* merupakan cara efektif untuk mendapatkan fiber berukuran nano atau *nanofiber* dengan biaya yang relatif rendah, luas permukaan yang besar dalam satuan volum, dan porositas besar dengan pori berukuran kecil.<sup>4</sup> Akhir-akhir ini *electrospinning* dengan campuran polimer merupakan material yang menjanjikan untuk biomedis dan industri. Elektrospun material menguntungkan di beberapa praktek biomedis seperti pembalut luka<sup>5-6</sup>, *scaffold* untuk tisu *engineering*,<sup>7</sup> dan sistem pengantar obat (*drugs delivery*). Metode *electrospinning* sangat cocok untuk *study* kali ini karena mampu mentransformasikan larutan polimer menjadi striktur serat dengan diameter 50-500 nm. Pada penelitian ini, membran nanokitosan/PVA dibuat menggunakan metode *electrospinning*. Dalam publikasi yang sudah dilakukan,<sup>8</sup> kitosan yang sering digunakan adalah kitosan serbuk yang dilarutkan dalam asam asetat. Adapun inovasi dalam penelitian ini terdapat pada material nanokitosan, dimana belum ditemukan publikasi mengenai bahan nanokitosan sebagai *filler*. *Nanofiber* telah dikarakterisasi menggunakan SEM untuk mengetahui nilai diameter serat dan persebaran serat. Tambahan juga, sifat fisik dari larutan diukur menggunakan viskometer dan konduktometer untuk mengetahui nilai viskositas dan DHL. Untuk mengetahui sifat mekanik membran, dilakukan uji tarik menggunakan standar ASTM D882.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Bahan

PVA (*molecular weight*: 85000-124000; 99+% *hydrolyzed*) pembelian dari Aldrich. Nanoemulsi kitosan (NeCS). *Hydrolyzed water*.

### 2.2 Metode

#### 2.2.1. Preparasi Campuran Nanokitosan/PVA

Campuran nanokitosan/PVA (0, 5, 10, dan 15 wt. %) dipersiapkan dengan mencampur larutan PVA dan kitosan dengan konsentrasi yang sudah ditentukan antara nanokitosan dan PVA pada temperatur ruangan. Larutan PVA dibuat dengan cara melarutkan padatan PVA kedalam *hydrolyzed water* selama 4 jam pada suhu 80°C. Campuran larutan NeCS/PVA yang digunakan memiliki perbandingan persen berat 0, 5, 10, dan 15%.

#### 2.2.2. Pengujian Viskositas

Nilai viskositas dari campuran diukur menggunakan viskometer keluaran Brookfield DV-II+ Pro (Laboratorium Rekayasa Material Teknologi Pertanian Universitas Gajah Mada). Nilai viskositas diukur menggunakan *spindle* yang tersedia. Semua viskositas diukur pada kecepatan rasional 60 rpm.

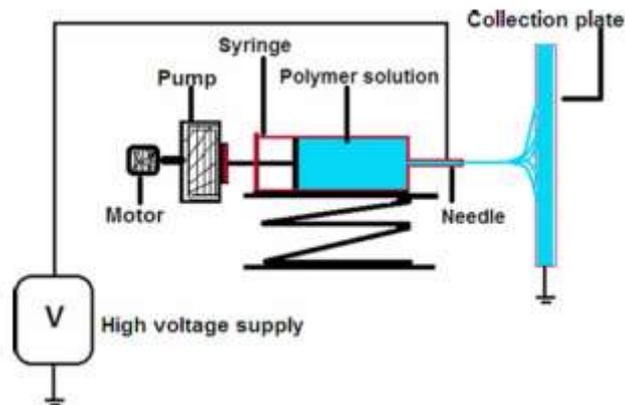
#### 2.2.3. Pengujian Konduktivitas Elektrik

Pengujian ini dilakukan pada semua sampel dengan volume 20 ml setiap sampel. Pengujian ini dilakukan menggunakan metode konduktometri pada suhu ruangan untuk mengetahui nilai konduktivitas elektrik pada setiap campuran. Mengingat konduktivitas elektrik merupakan parameter yang digunakan dalam proses *electrospinning* dan proses *electrospinning* memanfaatkan gaya elektrostatis untuk pembentukan serat.

#### 2.2.4. Pembuatan Membran *Nanofiber*

Skema mesin *electrospinning* yang digunakan pada penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 1. Larutan NeCS/PVA ditransformasikan menjadi membran elektrospun

menggunakan metode *electrospinning* dimana tabung *syringe* plastik (10ml) dengan jarum logam dan ujung jarum datar pada diameter internal (ID) 0,6 mm. *Syringe* plastik ditempatkan di holder, dimana diberikan dorongan pada pompa *syringe* untuk menghasilkan laju injeksi konstan. Campuran bergerak dari tabung *syringe* menuju jarum *stainless steel* dan memasuki medan listrik dengan tegangan 15 kV. Jarak antara ujung jarum dengan kolektor (TCD) yang digunakan adalah 12 cm. Mesin *electrospinning* yang digunakan bukan mesin *electrospinning* komersial, melainkan hasil rekayasa tim Nanomaterial Teknik Mesin UMY.



**Gambar 1.** Skema ilustrasi dari mesin yang digunakan untuk *electrospinning*.  
 (Sumber : Islam *et al*, 2015)

### 2.2.5. Scanning Electron Microscopy

Morfologi permukaan membran *nanofiber* diamati menggunakan mesin *scanning electron microscope* (JSM-6510LA, JEOL, USA) pada tegangan 15 kV. Area pengamatan dilakukan pada area perbesaran 10.000x menggunakan *imageJ software* untuk mengukur nilai diameter dan distribusi serat pada membran.

### 2.2.6. Analisa Mekanik

Pengujian mekanik dilakukan pada semua membran *nanofiber* dengan konsentrasi NeCS 0%, 5%, 10% dan 15%. Kurva tegangan-regangan diperoleh berdasarkan standar ASTM D881-02 (2012) menggunakan *single column universal testing machine* dengan *load cell* 50kg (Zwick 0,5 Germany). Spesimen dipotong sesuai standar, dipasang pada *grips* kemudian diberi gaya dengan *rate speed* 10 mm/min sampai patah. Lima sampel untuk setiap konsentrasi telah diuji, dan rata-rata modulus elastisitas ( $E$ ), *ultimate tensile strength* (UTS), dan elongation at break ( $\epsilon_b$ ) telah diperoleh dari kurva tegangan-regangan. Data ditampilkan dalam bentuk rata-rata.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisa Sifat Fisis Larutan

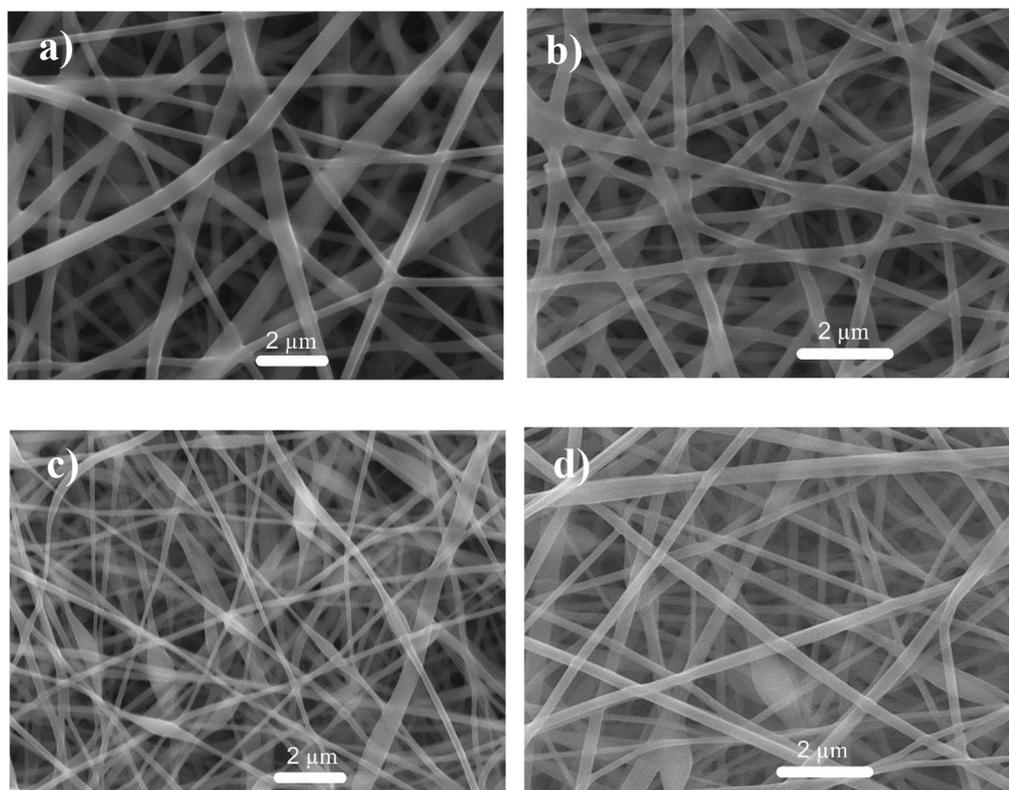
Dalam metode *electrospinning* sifat dari larutan memiliki peranan penting dalam pembentukan *nanofiber* dalam membran<sup>11</sup>. Pada penelitian ini karakterisasi larutan menggunakan viskometer dan konduktometer untuk mengetahui pengaruh sifat fisis larutan terhadap morfologi membran *nanofiber* NeCS/PVA. Tabel 1 menunjukkan nilai viskositas semakin menurun, viskositas terendah terukur pada konsentrasi NeCS 15% yaitu 325,9 cP dan tertinggi pada konsentrasi NeCS 0% yaitu 872,35 cP. Di sisi lain nilai DHL terus meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi NeCS. Hal ini kemungkinan NeCS yang digunakan memiliki DHL yang tinggi dan viskositas yang rendah dibandingkan PVA.

Tabel 1. Hasil uji viskositas dan DHL

No	Konsentrasi NeCS	DHL ( $\mu\text{s/cm}$ )	Viskositas (cP)
1	0%	1388	872,35
2	5%	1392,33	602,9
3	10%	1394,67	441,9
4	15%	1426,33	325,9

### 3.2 Morfologi Elektrospon *Nanofiber*

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan membrane *nanofiber* NeCS/PVA dengan konsentrasi NeCS 0, 5, 10, dan 15 (%berat). Untuk mengetahui karakteristik morfologi dan struktur membran *nanofiber* dilakukan pengamatan menggunakan SEM. Hasil foto SEM dari *electrospun* NeCS dapat dilihat pada Gambar 2.

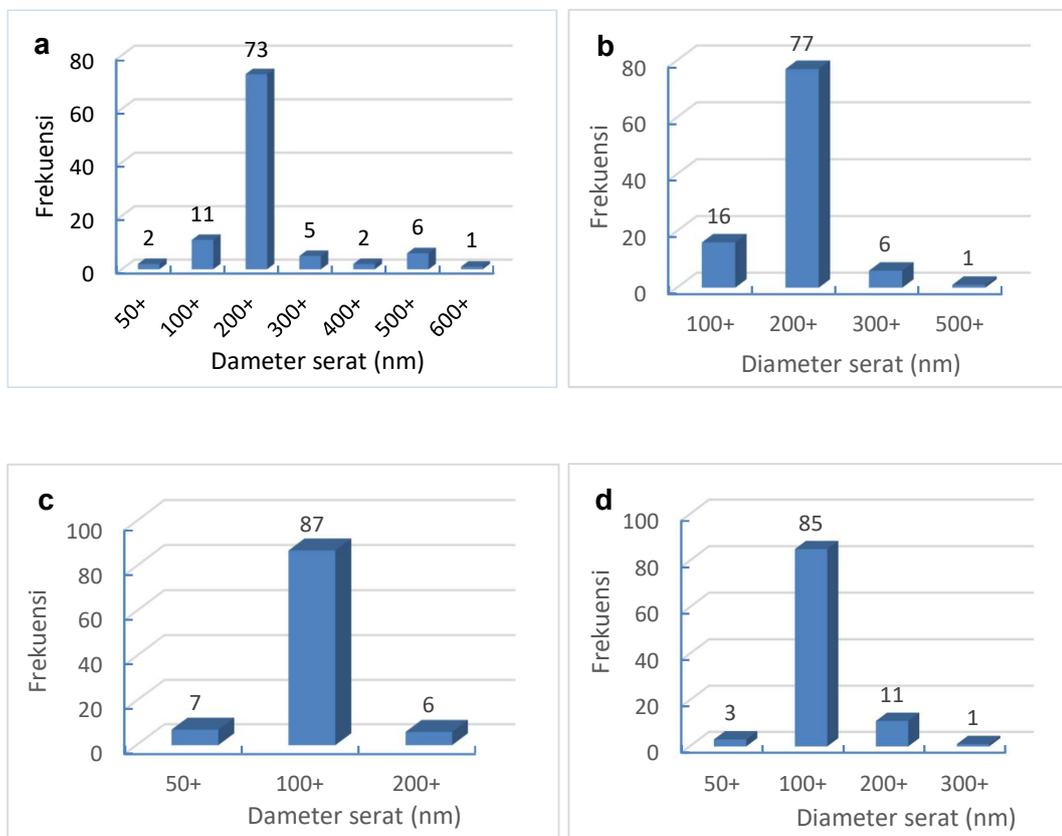


Gambar 2. Hasil foto SEM membran *nanofiber* dengan konsentrasi NeCS :(a) 0%, (b) 5%, (c) 10%, dan (d) 15%.

Dari hasil foto SEM Gambar 4.2 terlihat bahwa menggunakan proses *electrospinning* mampu menghasilkan membran dengan struktur *nanofiber*. Pada konsentrasi NeCS 0% (gambar 4.2a) terlihat *nanofiber* yang dihasilkan masih bercabang, tidak lurus dan *fiber* tampak kurang homogen atau seragam. Hal ini dikarenakan larutan memiliki DHL yang kurang tinggi sehingga *fiber* yang dihasilkan kurang seragam, dan tidak lurus.<sup>12</sup> Hasil foto SEM pada konsentrasi NeCS 5% (gambar 4.2b) terlihat *fiber* yang dihasilkan relatif lebih

seragam, walaupun masih terdapat *fiber* yang bercabang dan tidak lurus. Hasil foto SEM pada konsentrasi NeCS 10% (gambar 4.2c) mulai tampak adanya bintik (*bead*) pada *fiber*, tapi *fiber* yang terbentuk memiliki ukuran lebih kecil, seragam, dan intensitas *fiber* bercabang yang dihasilkan tampak sedikit. Untuk morfologi membran dengan konsentrasi NeCS 15% tidak jauh berbeda dengan konsentrasi NeCS 10%, terdapat *bead*, seragam, dengan ukuran *fiber* kecil, namun *fiber* yang dihasilkan lebih lurus karena konsentrasi NeCS 15% memiliki DHL yang tinggi.

Adapun timbulnya *bead* pada membran *nanofiber* pada konsentrasi NeCS 10% dan 15% dalam penelitian ini akibat dari proses penguapan pada zona *instability* (area antara ujung jarum dengan kolektor) yang belum selesai secara penuh. Hali ini bisa disebabkan karena larutan memiliki nilai viskositas yang rendah. Larutan dengan nilai viskositas yang rendah mengandung banyak zat terlarut sehingga membutuhkan waktu lama untuk penguapan pada zona *instability* (zona diantara ujung jarum dengan kolektor)<sup>11</sup>. Adanya *bead* dapat dikarenakan TCD yang terlalu pendek, sehingga waktu penguapan pada zona *instability* berkurang dan penguapan tidak selesai secara penuh kemudian serat sampai pada kolektor dalam keadaan basah menjadi *bead*<sup>12</sup>.



**Gambar 3.** Grafik distribusi diameter serat membran dengan konsentrasi NeCS (a) 0%, (b) 5%, (c) 10%, dan (d) 15%.

**Tabel 2.** Diameter rata-rata membran *nanofiber*

Konsentrasi CSNe	Diameter (nm)
0%	264,83 ± 102,47
5%	234,20 ± 51,17
10%	143,80 ± 35,78
15%	165,11 ± 38,32

Pada gambar 3 terlihat lebih dari 70 titik dari 100 titik acak memiliki ukuran diameter yang tidak jauh berbeda. Grafik distribusi diameter *fiber* menjelaskan diameter *fiber* semakin seragam dengan bertambahnya konsentrasi NeCS. DHL larutan memegang peranan penting dalam keseragaman diameter *nanofiber*. Penerapan dari medan listrik merubah bentuk larutan polimer menjadi kerucut yang dinamakan *taylor cone*<sup>13</sup>. Dengan konduktivitas yang cukup baik maka medan listrik yang dialirkan memiliki hambatan kecil, sehingga mampu membentuk *taylor cone* dan *jet stream* yang stabil<sup>9</sup>. Adapun pengaruh DHL pada keseragaman diameter *nanofiber* dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Hubungan DHL pada keseragaman diameter *nanofiber* membran NeCS/PVA

No	Konsentrasi NeCS	DHL ( $\mu\text{s/cm}$ )	Diameter (nm)
1	0%	1388	264,83
2	5%	1392,33	234,20
3	10%	1394,67	143,80
4	15%	1426,33	165,11

*Nanofiber* dengan diameter rata-rata mulai dari 143,8 nm (NeCS 10%) sampai 264,83 nm (NeCS 0%) telah terbentuk. Faktor yang paling mempengaruhi penurunan ukuran diameter adalah nilai viskositas larutan<sup>14</sup>. Larutan dengan viskositas rendah mampu menghasilkan diameter lebih kecil dibanding larutan dengan viskositas tinggi karena zat pelarut pada larutan viskositas rendah lebih banyak mengalami penguapan sehingga zat terlarut yang membentuk *nanofiber* tersisa sedikit<sup>12</sup>. Nilai viskositas yang tinggi mampu menghasilkan *fiber* dengan diameter yang cukup besar dan kontinyu karena memiliki daya tahan terhadap putusnya *jet stream* yang baik, namun *electrospinning* dengan viskositas terlalu tinggi tidak memungkinkan karena bisa terjadi penyumbatan pada ujung jarum (pelarut menguap lebih cepat)<sup>15</sup>. Tabel 4 menunjukkan pengaruh viskositas terhadap pembentukan diameter *nanofiber*. Shalumon *et al*, (2009) mengatakan bahwa viskositas dan konduktivitas elektrik optimal untuk *carboxymethyl* kitosan dan/PVA antara 500 sampai 700 cP dan 1000 sampai 1500  $\mu\text{s}$ <sup>16</sup>.

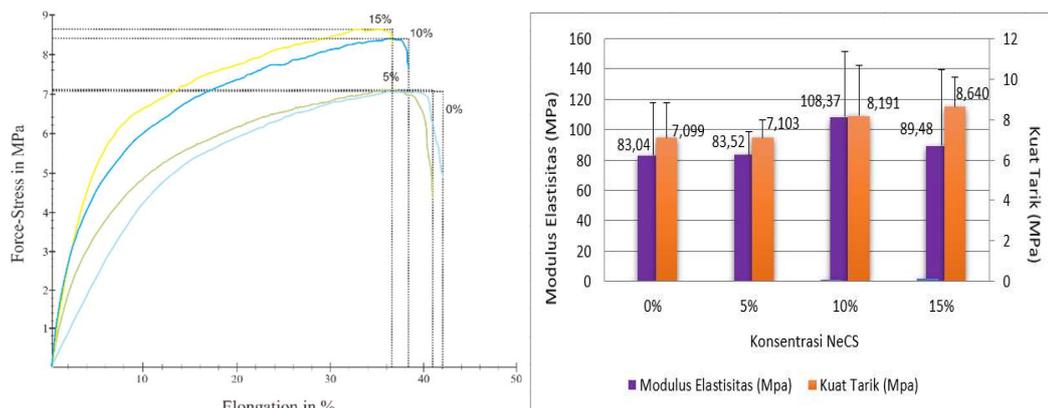
**Tabel 4.** Pengaruh viskositas terhadap diameter serat.

No	Konsentrasi NeCS	Viskositas (cP)	Diameter (nm)
1	0%	872,35	264,83
2	5%	602,9	234,20
3	10%	441,9	143,80
4	15%	325,9	165,11

### 3.2 Analisis Kuat Tarik

Sifat kuat tarik membran *nanofiber* NeCS/PVA dapat dilihat pada gambar 4. Membran *nanofiber* yang dihasilkan memiliki kuat tarik mulai dari 7,099 MPa (NeCS 0%) sampai 8,6403 MPa (NeCS 15%). Kuat tarik dari membran *nanofiber* NeCS/PVA yang dibuat mendekati kuat tarik dari pembalut luka komersil, dimana kuat tarik pembalut luka komersil adalah 10 Mpa<sup>17</sup>. Peningkatan kuat tarik pada membran *nanofiber* NeCS/PVA disebabkan membran kitosan dengan metode *electrospinning* memiliki kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan PVA.<sup>18</sup> Adapun peningkatan kuat tarik juga bisa dikarenakan dominasi perilaku plastik yang menurun sehingga kuat tarik yang dihasilkan meningkat<sup>19</sup>.

Dari hasil pengujian tarik (gambar 4) menunjukkan pola peningkatan nilai modulus elastisitas dengan penambahan konsentrasi NeCS. Ada beberapa faktor yang membuat modulus elastisitas meningkat. Pertama dari morfologi *nanofiber* yaitu diameter serat, dengan menurunnya diameter serat maka kekakuan meningkat dan modulus meningkat.<sup>20</sup> Kedua, dengan kehadiran kitosan terdapat gaya inter- dan intra-molekular sehingga kekakuan membran *nanofiber* meningkatkan.<sup>3</sup> Pembalut luka paling ideal adalah kulit alami sehingga dalam pengembangannya pembalut luka dibuat agar memiliki karakteristik yang mirip dengan kulit termasuk sifat mekanisnya.<sup>21</sup> Dari hasil uji tarik membran *nanofiber* yang telah dibuat menunjukkan bahwa nilai modulus masih diatas 80 MPa untuk semua konsentrasi NeCS. Namun dilaporkan bahwa *native skin* memiliki nilai modulus dari 0,008 MPa<sup>22</sup> sampai dengan 20 MPa,<sup>23</sup> sehingga membran *nanofiber* NeCS/PVA yang dihasilkan masih memiliki nilai modulus yang terlalu tinggi.



Gambar 4. Sifat mekanik membra *nanofiber* NeCS/PVA.

## 4. KESIMPULAN

Membran *nanofiber* NeCS/PVA berhasil difabrikasi menggunakan metode *electrospinning*. Penambahan NeCS dapat mempengaruhi struktur dan morfologi membran *nanofiber* yang dibentuk. Penambahan konsentrasi NeCS mampu menurunkan ukuran diameter *fiber* karena nilai viskositas yang menurun, dan mampu meningkatkan konduktivitas elektrik sehingga serat yang dibentuk semakin seragam. Hasil uji tarik menunjukkan pola kenaikan kuat tarik dan modulus elastisitas membran *nanofiber* NeCS/PVA. Membran *nanofiber* yang dihasilkan masih memiliki nilai modulus yang terlalu tinggi untuk diaplikasikan sebagai pembalut luka sehingga perlu penelitian lebih lanjut untuk menyempurnakan hasil penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] John F.Watts, Marie-Laure Abel. Segregation and crosslinking in urea formaldehyde/epoxy resins: a study by high-resolution XPS. *Journal of electron spectroscopy and related phenomenon*. 2001;121:233-247.
- [2] Abraham Agil, Soloman. Preparation of Chitosan-Polyvinyl Alcohol B;ends and Studies on Thermal and Mechanical Properties. *Procedia Technology*. 2016;24:741-748
- [3] Islam Atif, Yasin Tariq. In-situ Crosslinked Nanofiber Mats of Chitosan/Poly(vinyl alcohol) Blend: Fabrication, Characterization and MTT Assay with Cancerous Bone Cells. *Fibers and Polymers*. 2015;16(9):1853-1860.
- [4] N. Amini, S. Mazinani, S.-O. Ranaei-Siadat, M. Kalae, K. Niknam, and V. Adlfar, *Fiber. Polym.*, 2012; 13: 994.
- [5] Kang Y.O., Yoon I.S. Chitosan-coated poly (vinyl alcohol) nanofibers for wound dressings. *J Biomed Mater Res Part B Appl Biomater* 2010;92:568–576.
- [6] Abdelgawad A.M., Hudson S.M., Rojas O.J. Antimicrobial wound dressing nanofiber mats from multicomponent (chitosan/silverNPs/polyvinyl alcohol) systems. *Carbohydr Polym* 2014;100:166-178.
- [7] Shokrgozar MA, Mottaghtalab F, Mottaghtalab V, Farokhi M. Fabrication of porous chitosan/poly (vinyl alcohol) reinforced Single-walled carbon nanotube nanocomposites for neural tissue engineering. *J Biomed Nanotechnol* 2011;7:276–284.
- [8] Chauhan D, Dwivedi J, Sankararamkrishnan N. Novel chitosan/ PVA/zerovalent iron biopolymeric nanofibers with enhanced arsenic removal applications. *Environ Sci Pollut Res* 2014;2:9430-9442.
- [9] Koosha M., Mirzadeh H. Electrospinning, mechanical properties, and cell behavior study of chitosan/PVA nanofibers. *J Biomed Mater Res Part A*. 2015;103A:3081–3093.
- [10] Muhaimin, M., Wijayanti, D.A., and Sosiati, H. Fabrikasi Nanofiber Komposit Nanoselulosa / PVA Dengan Metode Electrospinning. *Prosiding Pertemuan Ilmiah HFI XXVIII*. 2014;62-65
- [11] Jeun, J.P., Jeon, Y.K., Nho, Y.C., and Khang, P.H. Effects of gamma irradiation on the thermal and mechanical properties of chitosan/PVA nanofibrous mats. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2009;15:430–433
- [12] Herdiawan, H., Juliandri, Juliandri, and N. Muhammad. 2013. *Pembuatan dan Karakterisasi Co-PVDF Nanofiber Komposit Menggunakan Elektrospinning*. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir PTNBR-BATAN Bandung. 2013;110-16.
- [13] Harsojo, Triyana K, Harini. *Studi Pembuatan Fiber dengan Electrospinning* 2013;0853-0523.
- [14] Charernsriwilaiwat, N., Rojanarata, T., Ngawhirunpat, T., and Opanasopit, P. Electrospun chitosan/polyvinyl alcohol nanofibre mats for wound healing. *International Wound Journal*. 2012;1-10.
- [15] Lin, T., Wang, H.X., Wang, H.M., and Wang, X.G. The charge effect of cationic surfactants on the elimination of fibre beads in the electrospinning of polystyrene. *Nanotechnology*. 2004;15(9):1375-1381.
- [16] Shalumon, K.T., Binulal, N.S., Selvamurugan, N., Nair, S.V., Menon, D., Furuike, T. Electrospinning of carboxymethyl chitin/poly(vviny alcohol) nanofibrous scaffolds for tissue engineering applications. *Carbohydrate Polymers*. 2009;77:863-869.
- [17] Leung, V., Hartwell, R., Yang, H., Ghahary, A., and Ko, F. 2011. Bioactive Nanobres for Wound Healing Applications. *Journal of Fiber Bioengineering & Informatics*. 2011;4(1): 1-14.
- [18] Biazar, E., Zaeifi, D., Keshel, S.H., Ojani, S., Hajiaghaee, A., Safarpour, R., Sheikholeslami, B., Heidari, B., and Sadeghpour, S. Design of Electrospun Poly vinyl alcohol/Chitosan Scaffoldand Its Cellular Study. *Journal of Paramedical Sciences (JPS)*. 2015;6: 2008-4978.
- [19] Farha, I.F., and Kusumawati, N. 2012. *Pembuatan Membran Komposit Kitosan-PVA dan Pemanfaatannya pada Pemisahan Limbah Pewarna Rhodamin-B*. Prosiding

- Seminar Nasional Kimia Unesa, Universitas Negeri Surabaya. ISBN: 978-979-028-550-7.
- [20] Palipenko, J., Kristl, J., Jankovic, B., Baumgartner, S., and Kocbek, P. The impact of relative humidity during morphology electrospinning on the and mechanical properties of nanofibers. *International Journal of Pharmaceutics*. 2013;456:125-134.
- [21] Lloyd, L.L., Kennedy, J.F., Methacanon, P., Paterson, M., and Knill, C.J. Carbohydrate polymers as wound management aids. *Carbohydrate Polymer*. 1998;37:315-322.
- [22] Pailler-Mattei, C., Bec, S., and Zahouani, H. In vivo measurements of the elastic mechanical properties of human skin by indentation tests. *Medical Engineering & Physics*. 2008;30(5): 599-606
- [23] Manschot, J. F. M., and Brakkee, A. J. M. The measurement and modelling of the mechanical properties of human skin in vivo. *The measurement. Journal of Biomechanics*. 1998;19(7): 511515.

# Program Studi Teknik Mesin

## Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

Judul TA: Karakterisasi Sifat Mekanis dan Fisis *Electrospun* Nanoemulsi Kitosan (NeCS)/Poly(vinyl) Alkohol (PVA)

Judul Naskah Publikasi: Karakterisasi Sifat Mekanis dan Fisis *Electrospun* Nanoemulsi Kitosan (NeCS)/Poly(vinyl) Alkohol (PVA)

Nama Mahasiswa: Ilham Dwi Septiaji

NIM: 20140130023

Pembimbing 1: Dr. Ir. Harini Sosiati, M.Eng.

Pembimbing 2: Ir. Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Hal yang dimintakan persetujuan \*:

<input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Indonesia	<input checked="" type="checkbox"/> Naskah Publikasi	<input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> .....
<input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Inggris	<input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> .....

\*beri tanda √ di kotak yang sesuai

Tanda Tangan 

Nama Mahasiswa Ilham Dwi Septiaji Tanggal 31 Juli 2018

### Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui

Tanda Tangan 

Dosen Pembimbing Harini Sosiati Tanggal 31-7-2018

Tanda Tangan 

Ketua/Sekretaris Program Studi Berli P. Kamuel, Ph.D Tanggal 01 Agustus 2018



Formulir persetujuan ini mohon diletakkan pada lampiran terakhir pada naskah TA.