

PENGARUH KONSENTRASI NANOEMULSI KITOSAN (NeCS) TERHADAP STRUKTUR SERAT DAN SIFAT TARIK MEMBRAN NANOFIBER PVA/NeCS

Agung Sukoco^a, Harini Sosiati^a, Aris Widyo Nugroho^a

^a Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,

Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183

Agsukoco13@gmail.com

Abstrak

Kitosan dan *polyvinyl alcohol* (PVA) merupakan bahan polimer yang paling sering dikembangkan untuk aplikasi biomedis dalam beberapa tahun belakang ini, karena memiliki sifat diantaranya tidak beracun, biokompatibel, fleksibel. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat membran nanofiber dari bahan kitosan nanoemulsi (NeCS) dan PVA dengan metode electrospinning. Kemudian ditingkatkan konsentrasi NeCS untuk mengetahui struktur serat, sifat tarik dari membran dan karakterisasi beads yang terbentuk pada membran nanofiber PVA/NeCS. Pembuatan membran nanofiber PVA/NeCS dengan metode electrospinning diawali dengan membuat larutan PVA 10% sebagai matriks. Kemudian, NeCS sebagai filler ditambahkan pada larutan PVA untuk dibuat sebagai larutan spinning NeCS/PVA dengan konsentrasi 0, 20, 25, 30 % (w/w). Selanjutnya proses electrospinning dari larutan PVA/NeCS dilakukan pada tegangan 14 kV, jarak jarum ke kolektor (TCD) 15 cm, dan diameter jarum syringe 0,6 mm. Viskositas larutan polimer PVA/NeCS diukur menggunakan alat viskometer. Morfologi beads yang terbentuk dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan sifat tariknya menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Hasil penelitian menunjukkan penambahan NeCS pada larutan PVA menyebabkan terbentuk beads. Faktor munculnya beads antara lain karena viskositas larutan terlalu rendah dan konsentrasi NeCS yang terlalu tinggi. Hasil Penelitian ini menunjukkan diameter fiber berukuran (94,41 -173,33 nm). Nilai kuat tarik (3,136-12,605 MPa) . Modulus elastisitas membrane nanofiber (24.931-51,259 MPa). Regangan (38,32-94,14%).

Kata Kunci: NeCS, PVA, *electrospinning*, *nanofiber*, SEM, uji tarik, *beads*

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun belakang ini terjadi peningkatan minat dalam pemanfaatan teknologi untuk menciptakan serat *nanofiber*. Bahan yang digunakan biasanya bersifat *biodegradable*, *biocompatible*, anti bakteri dan tidak beracun seperti PVA dan Kitosan (Sundaramurthi dkk, 2012). Untuk perkembangan biomedis diciptakan pembalut luka (*Wound dressing*) dengan pembuatan kitosan mikro menjadi berukuran nano menyebabkan meningkatnya kemampuan dalam penyerapan (adsorption) dan distribusi antigen yang mempengaruhi daya imunitas (Zhao dkk., 2018).

Electrospinning merupakan metode serbaguna yang dapat digunakan dalam aplikasi teknologi diberbagai bidang seperti bioteknologi dan teknik lingkungan, penyaringan udara dan air, farmasi, alat biomedis dan kesehatan (Agarwal dkk, 2013; Pensano dkk, 2013). Sedangkan untuk bidang biomedis dapat digunakan untuk perancangan jaringan rekaya (jaringan tulang, tulang rawan, kulit, jantung, saraf dan lain-lain) dan dapat digunakan sebagai dressing untuk penyembuhan luka dan biosensor, dimana implan medis adalah aplikasi utama struktur *electrospinning* terlibat (Wang dkk. 2013). Membran *nanofiber* dari hasil *electrospinning* juga memiliki karakteristik yang bagus seperti luas area yang besar, porositas yang tinggi dengan pori pori yang kecil (Jia dkk, 2017). Akan tetapi proses *electrospinning* menggunakan kitosan murni masih sulit untuk dilakukan karena nilai konduktivitas yang tinggi, oleh karena itu dibutuhkan polimer yang mampu mengurangi konduktivitasnya seperti PVA (Polyvinyl alcohol) (Rafique dkk., 2016)

Bahan yang digunakan yaitu nanoemulsi kitosan (NeCS) dan *Polyvinyl alcohol* (PVA). Kitosan merupakan polisakarida yang paling melimpah, yang berasal dari kitin dan telah banyak digunakan untuk pembalut luka (wound dressing) karena bersifat biodegradable dan biocompatible (Sundaramurthi dkk, 2012). *Polyvinyl alcohol* memiliki sifat biocompatible, biodegradable, serta larut dalam air dan telah di pelajari untuk aplikasi biomedis (Sundaramurthi dkk, 2012). PVA merupakan polimer sintesis yang diproduksi secara industri dengan hidrolisis dari poly(vinyl acetat). Stabilitas kimia PVA pada suhu yang normal dengan sifat fisis dan mekanisnya sangat baik telah menyebabkan aplikasi yang luas (Zhang dkk., 2005). PVA telah diteliti secara luas sebagai matriks untuk berbagai jenis aplikasi biomedis antara lain pangkreas buatan, hemodialisis (cuci darah) dan perangkat implant medis. (Rafique dkk., 2016). Sifat-sifat PVA seperti mudah larut dalam air, kestabilan mekanik, fleksibel, mudah dibentuk menjadi film dan tidak beracun menjadi dasar pilihan penggunaan PVA untuk aplikasi didunia medis, kosmetik, dan pertanian (Parida dkk., 2011 ; Marlin dkk., 2014)

Pembuatan nanofiber berbahan PVA/Kitosan sebelumnya sudah banyak dilakukan oleh peneliti. Diantaranya Koosha (2015) mereka melakukan penelitian tentang sifat mekanis dan morfologi dari membran *nanofiber* PVA/Kitosan. Hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa penambahan kitosan menurunkan nilai kuat tarik, modulus elastisitas dan diameter membran nanofiber. Septiaji, (2018) membuat membran nanofiber PVA/NeCS (nanoemulsi kitosan) dengan berat molekul PVA tinggi (85.000-124.000 g/mol). Hasil modulus elastisitas penelitian adalah 83,04-89,48 MPa. Firmansyah, (2018) melakukan penelitian membuat membran nanofiber nanoemulsi kitosan PVA/(NeCS) dengan berat molekul (22.000 g/mol). Hasil dari penelitian didapatkan modulus elastisitas yang relatif lebih rendah dari penelitian sebelumnya yaitu (50,23-59,70 MPa) dan nilai kuat tarik (8,27-13,68 MPa), akan tetapi nilai dari penelitian ini masih belum mendekati native skin yang di harapkan (Modulus elastisitas 4,6-20 MPa dan kuat tarik 5-30 MPa). Hasil penelitian Firmansyah (2018) menunjukkan terbentuknya beads pada konsentrasi 10% dan 15%, dimana bentuk beads agak bulat dan memanjang, untuk struktur serat konsentrasi 10% masih lurus berbeda dengan konsentrasi 15% yang menunjukkan ketidakseragaman serat yang terbentuk. Beads merupakan cacat yang terjadi pada serat nanofiber yang ditandai dengan timbulnya bintik atau butiran pada serat. Sebelumnya Zhu dkk (2012) meneliti tentang perbedaan beads yang terbentuk pada larutan PHBV(Poly hydroxybutyrate co hydroxyvalerate) yang di rendam dalam etanol pada jarak jarum menuju kolektor yang berbeda yaitu 3cm, 6cm, 9cm, 12cm. PHBV merupakan polimer polihidroksialkanoat yang dapat terurai secara hayati, tidak beracun dan *biocompatibel* yang diproduksi secara alami oleh bakteri dan

merupakan alternatif yang baik untuk polimer sintetik yang tidak bisa terbiodegradasi. Hasil penelitian menjelaskan faktor terbentuknya beads dan viskositas merupakan faktor yang paling dominan mempengaruhi terjadinya beads, serta pada penelitian dijelaskan perbedaan jenis-jenis beads yang terbentuk.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pembuatan membran nanofiber NeCs/PVA menggunakan PVA dengan berat molekul 22.000 (Firmansyah.,2018) serta penambahan konsentrasi nanoemulsi kitosan (NeCS) yang lebih tinggi untuk lebih memahami mekanisme terbentuknya *beads* dan beberapa faktor yang dominan mempengaruhi terjadinya *beads* antara lain, viskositas dan jarak ujung jarum dengan kolektor. Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap, yaitu tahap pertama adalah pembuatan larutan PVA dengan beberapa konsentrasi yang berbeda. Tahap kedua adalah pembuatan membran nanofiber PVA/NeCS menggunakan metode *electrospinning*. Tahap ketiga mengamati membran *nanofiber* PVA/NeCS yang dihasilkan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) untuk mengkarakterisasi struktur membran serta terbentuknya beads dan di uji tarik agar diketahui nilai kekuatan tariknya.

2. METODE

2.1 Pembuatan Larutan

Langkah pertama yaitu pembuatan larutan PVA 10% matriks dengan cara melarutkan 10 gr PVA ke dalam 90 gr aquades, langkah berikutnya Timbang aquades sebanyak 90 gr dan PVA 10 gr dengan gelas ukur yang sudah steril. kemudian etakan Spinbar kedalam gelas ukur, kemudian taruh gelas ukur di atas hot plate stearer, lalu putar spinbar 200 rpm dan masukan PVA ke dalam gelas ukur secara perlahan agar tidak menggumpal. Lalu atur hot plate strarer pada suhu 80°C kemudian siapkan stopwatch dan aduk selama 60 menit. Setelah 60 menit pengadukan, larutan di diamkan dalam ruangan agar suhunya sama dengan ruangan kemudian pindahkan larutan dari gelas ukur ke botol penyimpanan lalu tutup..

2.2 Pembuatan Larutan PVA/NeCS

Langkah selanjutnya yaitu pembuatan larutan PVA/NeCS pertama timbang larutan PVA dan larutan NeCs sesuai dengan perbandingan (100:0 ; 80:20 ; 75:25 ; 70:30). Kemudian Campurkan larutan PVA dengan larutan NeCs ke dalam gelas ukur 100 ml kemudian masukan spinbar. Setelah itu letakan gelas ukur yang berisi larutan PVA/NeCs diatas hot plate stearer, atur kecepatan spinbar 200 rpm selama 45 menit dengan suhu 80°C. Setelah 60 menit, larutan di diamkan didalam ruangan agar suhu larutan sama dengan suhu ruangan tersebut kemudian pindahkan larutan dari gelas ukur ke dalam botol penyimpanan lalu tutup. Larutan yang berhasil di buat nantinya akan di uji kandungan viskositasnya dengan alat viscometer.

2.3 Pembuatan Membran *Nanofiber*

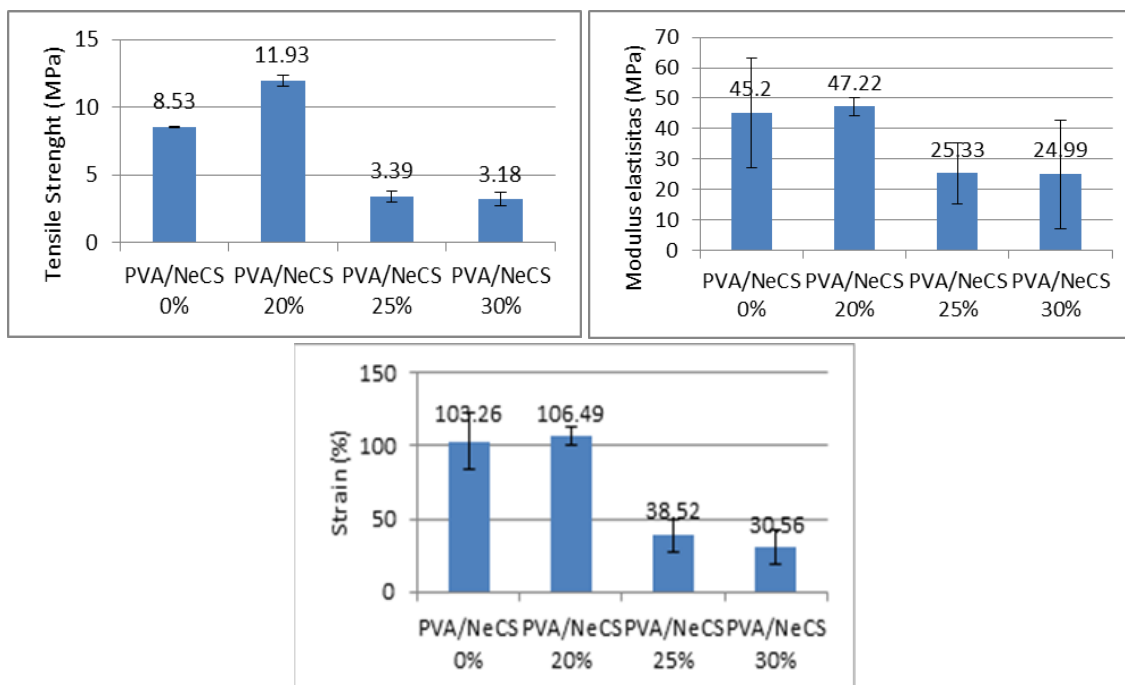
Proses pembuatan membran nanofiber PVA/NeCs menggunakan alat *electrospinning* dengan seri HK-9 hasil rekaya Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY), proses pembuatan membran sebagai berikut pertama Menyiapkan syringe 10 ml dengan needle 0,6 mm (23G). Kemudian memasukan larutan PVA/NeCs dengan perbandingan (100:0, 80:20, 75:25, 70:30) (w/w) ke dalam syring. Kemudian lapiisi needle dengan alumunium foil dan masukan syringe ke dalam *electrospinning*. setelah itu Memfabrikasi larutan selama 2 jam dengan jarak 15 cm dengan tegangan 14 kV. Setelah jadi, membran di diamkan selama 24 jam di tempat vakum yang sudah disediakan.

2.4 Uji Mekanis, Viskositas dan Karakterisasi

Membran yang berhasil dibuat diletakan dalam ASTM uji D882 dimana membran yang digunakan berukuran 20 mm x10 mm dan untuk ASTM D882 berdimensi 40mm setiap sisinya. Kemudian membran yang berhasil diletakan pada ASTM di uji ketebalan rata-rata membran pada mikroskop optic dengan perbesaran 100x. Setelah diketahui ketebalan rata-rata membrane dilakukan pengujian tarik untuk mendapatkan nilai dari sifat mekanis membran antara lain nilai kuat tarik(tensile strength), modulus elastisitas dan regangan (strain). Kemudian membran dilakukan pengujian Scanning Electron Microscope (SEM) di BPTBA Lipi Gunung Kidul untuk mengetahui karakterisasi dari permukaan membran nanofiber.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penguji tarik

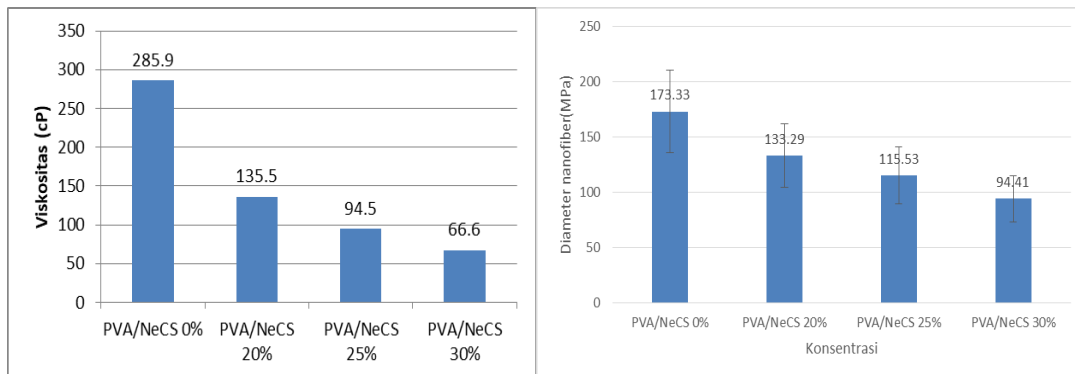


Gambar 3.1 Grafik nilai kuat tarik, modulus elastisitas dan regangan

Grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1 Grafik menunjukkan kuat tarik, modulus elastisitas dan regangan meningkat pada konsentrasi PVA/NeCS 20%. Nilai kuat tarik tertinggi yaitu 11,93 MPa, nilai modulus tertinggi 47,22 MPa dan nilai regangan tertinggi yaitu 106,49%. Hal ini disebabkan karena jenis Beads yang muncul pada konsentrasi 20% meningkatkan sifat mekanis dari membran PVA/NeCS dibandingkan jenis beads yang muncul pada konsentrasi 25% dan 30%.

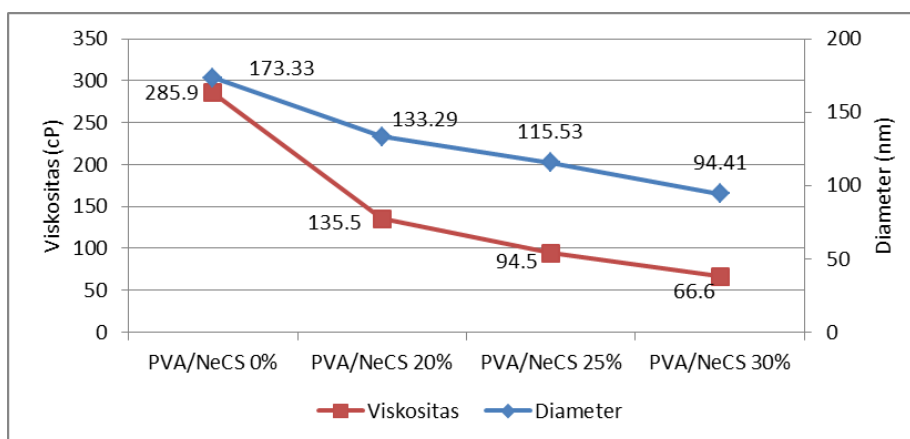
Hasil dari pengujian ini membuktikan bahwa penambahan NeCS menyebabkan terbentuknya beads yang mempengaruhi terhadap sifat tarik membran nanofiber (Koosha dkk, 2015 ; Dermawan dkk, 2017) dibandingkan dengan penelitian Firmansyah (2018) yang menggunakan konsentrasi NeCS 5%, 10%, 15% beads yang terbentuk cenderung sedikit dan untuk hasil optimalnya ada pada konsentrasi 5% sebagai pembalut luka yang diaplikasikan langsung kepada tikus.

3.2 Hasil Pengujian Viskositas



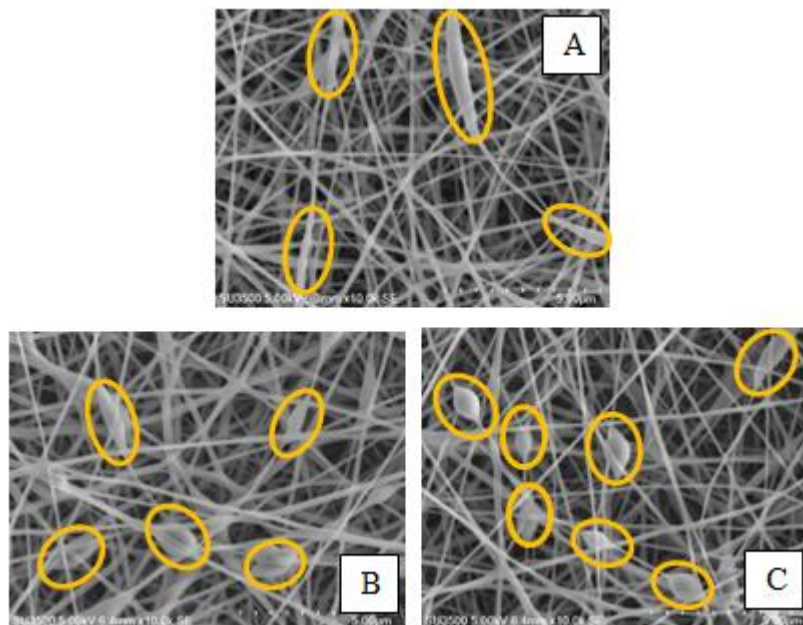
Gambar 3.2. Grafik viskositas dan diameter rata-rata nanofiber

Dapat dilihat bahwa pengaruh nilai viskositas terhadap diameter fiber semakin kecil ketika nilai viskositas mengalami penurunan. Hal ini membuktikan bahwa viskositas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi penurunan diameter nanofiber. Larutan yang memiliki nilai viskositas rendah akan lebih mudah untuk menghasilkan nanofiber berukuran kecil dibandingkan dengan larutan dengan nilai viskositas yang tinggi karena zat terlarut akan banyak menguap saat proses electrospinning. Larutan dengan nilai viskositas yang tinggi menghasilkan nanofiber dengan diameter yang lebih besar disebabkan karena dapat menahan jet stream menjadi lebih stabil (Hendriawan dkk., 2013).



Gambar 3.3. Grafik Perbandingan Viskositas dan Diameter rata-rata nanofiber

3.3 Analisis SEM



Gambar 3.4 Hasil *Scanning Electron Microscopy* (A) PVA/NeCS 20% (B) PVA/NeCS 25% (C) PVA/NeCS 30%.

Dari Gambar 3.4 Perbedaan konsentrasi 20%, 25%, 30% penambahan NeCS ditemukan sejumlah beads dengan ukuran yang berbeda. Penyebab terbentuknya beads antara lain karena viskositas terlalu rendah, yang dimana menyebabkan ikatan rantai polimer juga cenderung rendah sehingga beads mudah terbentuk dari pada serat halus. (Marno dkk., 2018) Faktor yang paling berpengaruh dalam viskositas adalah berat molekul polimer, ketika berat molekul tinggi dilarutkan viskositasnya akan lebih besar jika dibandingkan dengan polimer yang sama tetapi dengan berat molekul yang lebih rendah (Marno dkk., 2018). Parameter lain yang berpengaruh pada proses electrospinning antara lain tegangan yang masuk, suhu dari larutan, dan jarak antara jarum ke kolektor (Marno dkk., 2018).

Pada gambar A menunjukkan jenis beads serak lemak yang berbentuk menjang pada serat nanofiber serat ini terbentuk karena saat penembakan larutan menuju plat kolektor jarum suntik mengalami kekeringan akibat tegangan tinggi yang masuk, kemudian gambar B merupakan jenis beads bulat kacang polong terbentuknya bead ini antara lain karena viskositas dari larutan yang terlalu rendah menyebabkan terbentuknya jenis beads ini. Gambar C merupakan jenis beads bulat berdekatan yang dimana pada satu serat nanofiber terdapat jenis beads yang serupa dengan jarak satu sama lain yang tidak terlalu jauh faktor terbentuknya beads ini antara lain karena viskositas dari larutan yang terlalu rendah disertai dengan pada saat penembakan tetesan air pada ujung jarum terbelah menjadi 2 atau lebih yang menyebabkan terbentuknya jenis beads ini.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik beads serat lemak meningkatkan kuat tarik sedangkan jenis beads kacang polong menurunkan kuat tarik pada membran PVA/NeCS. Konsentrasi 20% mendapatkan kuat tarik paling tinggi yaitu 12.60 MPa. Penambahan konsentrasi NeCS menyebabkan terbentuknya variasi beads pada struktur serat dan untuk sifat tarik optimum pada konsentrasi 20%.
2. Penambahan konsentrasi NeCS menyebabkan terbentuknya variasi beads pada struktur serat dan untuk sifat tarik optimum pada konsentrasi 20%.
3. Jenis beads serat lemak, kacang polong, dan bulat berdekatan mempengaruhi terhadap sifat tarik. Jenis beads kacang polong dan bulat berdekatan cenderung menurunkan sifat tarik sedangkan untuk jenis beads serat lemak meningkatkan sifat dari dari membran nanofiber PVA/NeCS.

REFERENSI

Abdullah, M., and Khairurrijal, K., 2009. Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 2(1), pp.1-9.

Agarwal, S., Wendorff J.H. and Greiner, A., 2008. Use of electrospinning technique for biomedical application. *Polymer*, 49(26), pp.5603-5621.

Darmawan, M., Syamdidi, S., Yennie, Y. and Wibowo, S., 2017. Karakteristik Serat Nano Komposit Kitosan-Polivinil Alkohol (PVA) dari Cangkang Rajungan Melalui Proses Electrospinning. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 11(2), pp.213-222.

Firmansyah, Eka Wahyu., 2018. Pengaruh Konsentrasi Nanoemulsi Kitosan(NeCS) Terhadap Sifat Membran Nanofiber NeCS/PVA Dan Aplikasinya Sebagai Pembalut Luka Sayat. (Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik).

Hendriawan, 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*, 110-16

Garg, T., Rath, G. and Goyal, A.K., 2015. Biomaterials-based nanofiber scaffold: targeted and controlled carrier for cell and drug delivery. *Journal of drug targeting*, 23(3), pp.202-221.

Islam, A., Yasim, T., Rafiq, M.A., Shah, T.H., Sabir, A., Khan, S.M and jAMIL, T. 2015. In-situ Crosslinked Nanofiber Mats of Chitosan/Poly(vinyl alcohol) Blend: Fabrication, Characterization and MTT Assay with Cancerous Bone Cells. *Journal of Fibers and Polimers, University of Punjab, Lahore* 54590, Pakistan. 16(9): 1853-1860.

Jia, Y.T., Gong, J., Gu, X.H., Kim, H.Y., Dong, J. and Sen, X.Y., 2007. Fabrication and characterization of poly(vinyl alcohol)/chitosan blend nanofibers produced by electrospinning method. *Carbohydrate Polymers*, 67(3), pp.403-409.

Koosha, M. and Mirzadeh, H., 2015. Electrospinning, mechanical properties, and cell behavior study of chitosan/PVA nanofibers. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 103(9), pp.3081-3093.

Mallakpour S, Madani M. Transparent and thermally stable improved poly(vinyl alcohol)/Cloisite Na+ZnO hybrid nanocomposite films: Fabrication, morphology and surface properties. *Journal of Progress in Organic Coating*. 2012;74 520-525.

Marlin, E., J. Rojas, and Y. Ciro. 2014, A review of PVA derivatives: Promising Materials of Pharmaceutical and Biomedical Applications, *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 8 (24).

Marno, E., Widiyanto, J., Sumarjo, A., Santoso 2018, Perancangan dan Pengembangan Sistem Electrospinning Sebagai Teknologi Dalam Pembuatan nanofiber. *Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*. Volume 18 Number 2 p (1411-3411).

Muhaimin, M., Wijayanti, D.A., Sosiati, H 2014, Fabrikasi Nanofiber Komposit Nanoselulosa / PVA Dengan metode Electrospinning. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY : 62-65.

Ohkawa, K., Cha, D., Kim, H., Nishida, A. and Yamamoto, H., (2004). Electrospinning of chitosan. *Macromolecular Rapid Communications*, 25(18), pp.1600-1605.

Parida, U.K., A.K Nayak, B.K Binhani, and P. L. Nayak. 2011, Synthesis and Characterization of ChitosanPolyvinyl Alcohol Blended with Cloisite 30B for Controlled Release of the Anticancer Drug Curcumin, *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 2; 414-425.

Paipitak K., Pornpra T., Mongkotalang P., Techitdheera W., Pecharapa W. 2010. “Characterization of PVA-Chitosan Nanofibers Prepared by Electrospinning”. Institute of Technology Ladkrabang: Thailand

Pickett, A., N., 2012, Thesis: Electrospinning Applications in Mechanochemistry and Multifunctional Hydrogel Materials, University of Illinois: Urbana-Champaign. 138: 196-199.

Rafiei, S., Maghsoodloo, S., Saberi, M., Lotfi, S., Motaghitlab, V., Noroozi, B and Haghi, A.K., 2014., New horizons in modeling and simulation of electrospun naofibers ; A detailed review. *Cellulose Chem. Technol*, 48(5-6), pp.401-424.

Rafique, A., Zia, K.M., Zuber, M., Tabasum, S. and Rehman, S., 2016. Chitosan functionalized poly (vinyl alcohol) for prospects biomedical and industrial applications: A review. *International journal of biological macromolecules*, 87, pp.141-154.

Ramakrishna, S., Fujihara, K., Teo, W.E., Teik, C.L., (2005) *An Introduction To Electrospinning And Nanofiber*, pp. 90-154. Singapore: World Scientific Publisher.

Robaitulloh., 2017. Pengaruh Konsentrasi Nanokitosan Terhadap Sifat Tarik Membrane Serat Nano Polivinil alcohol (PVA/Nanokitosan). (Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik).

Septiaji, Ilham Dwi., 2018. Karakterisasi Sifat Mekanis dan Fisis Electrospun Nanoemulsi Kitosan (NeCS)/Polyvinil Alcohol (PVA). (Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik)

Sosiati, H., Muhaimin, M., Abdilah, P., Wijayanti, D.A., Harsojo and Triyana, K., 2014, September. Effect of the chemical treatments on the characteristics of natural cellulose. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1617, No. 1, pp. 105108). AIP.

Sugiarto, T., Putra, D.S., Purwanto, W., (2017) Analysis on the role of engine coolant temperature in gasoline engine. *VANOS Journal of Mechanical Engineering and Education*, 2(2) 145-142.

Sundaramurthi, D., Vasanthan, K.S., Kuppan, P., Krishnan, U.M. and Sethuraman, S., 2012. Electrospun nanostructured chitosan–poly (vinyl alcohol) scaffolds: a biomimetic extracellular matrix as dermal substitute. *Biomedical Materials*, 7(4), p.045005.

Taufan, S., Radhitya, M. and Zulfahmi, Z., 2010. Pemanfaatan Limbah kulit udang sebagai bahan anti rayap (Bio-termitisida) pada Bangunan Berbahan kayu (Doctoral dissertation, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik).

Wang, Q., Ge, X., Tian, X., Zhang, Y., Zhang, J., Zhang, P., 2013. The Effect of Soy Isoflavones on Various Diseases. *Biomed Rep.* 21:1-5.

Yu, H., Wang, Y., Yang, Q., Xu, X., Jing, X., Chen, X. Biodegradable electrospun poly(L-lactide) Fibers Containing antibacterial silver nanoparticles. *European Polymer Journal* 42 (2006) 2081-2087).

Zhang, C., Yuan, X., Wu, L., Han, Y. and Sheng, J., 2005. Study on morphology of electrospun poly (vinyl alcohol) mats. *European polymer journal*, 41(3), pp.423-432.

Zhao, D., Yu, S., Sun, B., Gao, S., Guo, S. and Zhao, K., 2018. Biomedical applications of chitosan and its derivative nanoparticles. *Polymers*, 10(4), p.462.

Zhu, M., Chen, Y., Yu, H., Zhu, S., 2012. Study On Morphologies and formational Mechanism of poly(hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate) Ultrafine Fibers by Dry-jet-wet-Electrospinning. Volume 2012, article ID 525419, 8 page