

SINTESA MATERIAL BIOSCAFFOLD BERBAHAN DASAR PLA/NANOKITOSAN DENGAN PENAMBAHAN ZN-CURCUMIN

Atiqah Aida¹

¹Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹ atiqahaida0@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian mengenai bioscaffold sebagai salah satu terobosan baru dalam bidang rekayasa jaringan sedang berkembang pesat untuk diteliti. Salah satu aplikasi bioscaffold dibidang rekayasa perancah jaringan tulang dapat memberikan solusi cepat untuk mendorong regenerasi jaringan tulang baru akibat kecelakaan kerja tulang serta cacat tulang. Material penyusun bioscaffold berupa sintesis maupun polimer alami. Polimer alami yang dapat digunakan ialah Poly Lactid Acid dikarenakan memiliki sifat yang sesuai dengan kriteria bioscaffold yakni biogradable, biokompatibel, tidak beracun dan aman bagi tubuh manusia. Namun sifat titik leleh PLA yang rendah dibandingkan polimer lainnya mengharuskan PLA dimodifikasi dengan bahan pengisi seperti Nanokitosan. Penggunaan Kitosan sebagai material bioscaffold telah dilakukan oleh Zuhra, 2017. Hasil yang didapatkan bahwa campuran dari kedua bahan tersebut bioscaffold yang kurang homogen berpengaruh terhadap kekuatan tarik bioscaffold. Adapun novelty dari penelitian ini adalah meninjau karakteristik material bioscaffold berbahan dasar PLA/ Nanokitosan dengan penambahan Zn-Curcumin . Penambahan Zn-Curcumin memiliki potensi nanofiber komposit sebagai perancah jaringan tulang melalui seluler morfologi dan MTT pengujian menunjukkan bahwa Zn-Cur yang mengandung nanofiber lebih baik mensupport adesi seluler, penyebaran dan proliferasi dibandingkan dengan nanofiber lainnya. Terlebih lagi ternyata penambahan Zn-Cur dapat meningkatkan aktivitas ALP dan produksi mineralisasi matriks Zn-CUR kompleks tidak hanya meningkatkan kinerja osteogenik tetapi juga memiliki aktivitas antibakteri yang baik

Kata kunci: *Bioscaffold*, PLA, Nanokitosan, *Zn-Curcumin*

ABSTRACT

Research on bioscaffold as one of the new breakthroughs in the field of tissue engineering is rapidly developing. One of the bioscaffold applications in the engineering of bone tissue scaffolding can provide a quick solution to encourage the regeneration of new bone tissue due to bone work accidents and bone defects. Bioscaffold building materials are in the form of synthetic and natural polymers. A natural polymer that can be used is Poly Lactid Acid because it has properties in accordance with the bioscaffold criteria, namely biogradable, biocompatible, non-toxic and safe for the human body. However, the low melting point characteristic of PLA compared to other polymers requires that PLA be modified with fillers such as Nanocitosan. The use of chitosan as a bioscaffold material has been carried out by Zuhra, 2017. The results obtained are that the mixture of the two materials is bioscaffold which is less homogeneous and has an effect on the tensile strength of the bioscaffold. The novelty of this research is to review the characteristics of the bioscaffold material made from PLA / Nanocitosan with the addition of Zn-Curcumin. The addition of Zn-Curcumin has the potential of composite nanofibers

as a bone tissue scaffold through cellular morphology and MTT testing shows that Zn-Cur containing nanofibers better support cellular adhesion, spread and proliferation compared to other nanofibers. Moreover, it turns out that the addition of Zn-Cur can increase ALP activity and the production of complex Zn-CUR matrix mineralization not only improves osteogenic performance but also has good antibacterial activity.

Keywords: *Bioscaffold*, PLA, Nanokitosan, *Zn-Curcumin*

I. PENDAHULUAN

1.1 Landasan Teori

Cedera tulang sangat lazim dialami oleh sebagian besar masyarakat, cedera tulang dapat terjadi dikarenakan kecelakaan kerja, penyakit, penambahan usia maupun bawaan lahir. Cedera tulang dapat berupa seperti cacat tulang itu sendiri, tulang berukuran besar atau kritis terjadi karena reseksi tumor, fraktur non-serikat dan koreksi cacat lahir sehingga memerlukan intervensi (tindakan) bedah besar dalam koreksi cacat tersebut meskipun potensi regeneratifnya tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut maka dapat dilakukan dengan cangkok tulang, memperbaiki cacat tulang secara kritis maupun mendorong regenerasi tulang (Saravanan, dkk, 2016). Berbagai evolusi teknologi telah dikembangkan oleh para peneliti untuk menemukan solusi cedera tulang. Adapun solusi dari permasalahan diatas ialah rekayasa perancah jaringan atau yang dikenal dengan istilah bioscaffold. Teknologi bioscaffold ini telah berkembang pesat dan mengalami kemajuan signifikan dalam mengatasi berbagai permasalahan di dunia medis mengenai pengembangan jaringan terbarukan seperti mendorong regenerasi jaringan baru. Bioscaffold merupakan salah satu solusi cepat permasalahan di bidang medis untuk kebutuhan penggantian jaringan. Bioscaffold menggunakan biomaterial yang bersifat biogradable (mudah terurai), biocompatible (interaksi biomaterial yang baik) serta bioresorbable (terdegradasi dengan aman di dalam tubuh) untuk membangun struktur 3D yang sebanding dengan area jaringan implan. PLA (Poly Lactid Acid) digunakan dalam pembuatan

bioscaffold karena memiliki sifat yang sesuai dengan kriteria biomaterial bioscaffold yakni biogradable, biokompatibel, tidak beracun dan nonkarsiogenik bagi tubuh manusia serta berasal dari sumber daya terbarukan, sehingga baik digunakan untuk aplikasi medis dan pengemasan makanan. (Rahmayetty, dkk, 2018). Namun dibalik beberapa kelebihan dari PLA juga memiliki kelemahan seperti titik lelehnya yang lebih rendah serta sifat mekanik yang tidak lebih baik dibanding polimer lainnya. Untuk mengatasi permasalahan dari kelemahan PLA tersebut maka dilakukan penambahan bahan pengisi (filler) berukuran nano membentuk nanokomposit (Nurhanifa, dkk, 2017). Salah satu hal yang mempengaruhi nanokomposit menjadi lebih rapuh sehingga dapat mempengaruhi kekuatan tarik ialah dikarenakan campuran antara PLA dan Kitosan yang kurang homogen (Zuhra, 2017). Campuran yang homogen pada bioscaffold PLA/Kitosan nanokomposit akan dapat meningkatkan karakteristik mekanik bioscaffold, laju degradasi bioscaffold dan memicu terjadinya proliferasi atau perkembangbiakan sel. Namun, semakin besar konsentrasi kitosan di dalam nanokomposit bioscaffold maka semakin besar 2 kemungkinan rusaknya matriks PLA secara terus-menerus, dimana hal ini dapat memberikan efek yang berlawanan, terutama bagi sifat mekanik (Lou, dkk, 2013). Untuk mengatasi keterbatasan nanokomposit yang kurang homogen maka material bioscaffold dapat dilakukan dengan menambahkan Zn-Curcumin. Penambahan Zn-CUR yang mengandung nanofiber ke dalam scaffold mendukung lebih baik adhesi seluler,

penyebaran dan proliferasi dibandingkan dengan penambahan nanofiber lainnya.

1.2 Bioscaffold

Bioscaffold merupakan perancah alami rekayasa jaringan yang terbuat dari bahan yang dapat diperbarui serta digunakan dalam membantu memperbaiki jaringan seperti jaringan tulang, kulit, dll. *Bioscaffold* biasanya terbuat dari polimer. Dimana polimer ada yang terbuat dari bahan yang alami dan ada pula yang terbuat dari polimer sintetis. Pada penelitian sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian mengenai *bioscaffold*, bertujuan untuk menciptakan suatu terobosan ide perancah dari bahan yang alami bersifat *biodegradable*, *biocompatible*, dan tahan panas. Polimer yang biasanya digunakan dalam pembuatan *bioscaffold* biasanya ialah poli asam laktat (Lou, dkk, 2013).

Berbagai metode modifikasi permukaan, seperti perombakkan plasma, hidrolisis permukaan, pelapisan permukaan dan modifikasi transplantasi secara kimia, telah dikembangkan untuk meningkatkan kualitas permukaan *scaffold* berpori PLA. Setiap metode tentu memiliki kelebihan dan kekurangan. Misalnya, hidrolisis permukaan adalah metode yang sederhana dan mudah, tetapi sifat mekanik dari penyangga tidak bisa diperbaiki bersama-sama; pelapisan permukaan dapat memperkenalkan bahan bioaktif ke permukaan penyangga berpori untuk meningkatkan sifat mekanik serta properti permukaannya, tetapi interaksi antara matriks dan lapisan biasanya lemah. Hal ini memunculkan dugaan bahwa menggabungkan dua atau lebih metode modifikasi permukaan dapat memperoleh properti lebih baik. Untuk mengatasi kekurangan sifat bioaktif pada polimer alam, zat anorganik bioaktif telah diperkenalkan untuk pembuatan matriks polimer untuk meningkatkan bioaktivitas pada penyangga (Santoro, dkk, 2016).

1.3 PLA (Poly Lactid Acid)

Poli asam laktat atau Poli laktida (PLA) merupakan salah satu polimer alami yang bersifat *biodegradable*, *thermoplastic* dan merupakan poliester alifatik yang terbuat dari bahan-bahan terbarukan seperti pati jagung atau tanaman tebu (Tamyiz, dkk, 2012). Poli asam laktat dengan rumus kimia $(\text{CH}_3\text{CHOHCOOH})_n$ merupakan suatu polimer *biodegradable* yang diperoleh dari gabungan monomer asam laktat. PLA ditemukan pada tahun 1932 oleh Carothers yang memproduksi PLA dengan berat molekul rendah dengan memanaskan asam laktat pada kondisi vakum.



Gambar 1.1 Poli Asam Laktat

Poli asam laktat mempunyai potensi yang sangat besar dikembangkan sebagai pengganti plastik konvensional sebagai langkah untuk menunjukkan kepedulian terhadap lingkungan dan merosotnya persediaan bahan bakar. PLA diharapkan dapat menjadi bahan alternatif untuk pengganti plastik biasa yang terbuat dari hidrokarbon. Beberapa produk yang dapat dibuat dari PLA adalah peralatan makan, botol minuman, botol bahan kimia, jergen, ember dan sebagainya. Saat ini PLA juga sudah digunakan untuk beragam aplikasi lain diantaranya dibidang medis, kemasan dan tekstil. Dibidang medis, PLA sudah lama digunakan sebagai benang jahit pada saat operasi serta bahan pembungkus kapsul. Dalam bentuk film dan bentuk *foam* digunakan untuk pengemas daging, produk susu, atau roti bahkan *edible film*.

Penggunaan pati sebagai polimer alam memiliki keterbatasan, diantaranya adalah sifat mekaniknya yang kurang baik, serta kemampuannya untuk menyerap air. Selain itu polimer dari jenis ini memiliki titik leleh yang lebih rendah dibanding polimer lain. Untuk mengatasi hal tersebut, maka penelitian-penelitian untuk memperbaiki sifat-sifat ini pun telah dilakukan.

1.4 Kitosan

Kitosan adalah senyawa kimia yang berasal dari bahan hayati kitin, suatu senyawa organik yang melimpah di alam setelah selulosa. Kitin ini umumnya diperoleh dari kerangka hewan invertebrata dari kelompok *Arthropoda sp*, *Molusca sp*, *Coelenterata sp*, *Annelida sp*, *Nematoda sp*, dan beberapa dari kelompok jamur. Sebagai sumber utamanya ialah cangkang *Crustaceae sp*, yaitu udang, lobster, kepiting, dan hewan yang bercangkang lainnya dengan kandungan kitin antara 65-70 persen (Suneeta, 2017). Kitosan merupakan bahan kimia multiguna berbentuk serat dan merupakan biopolimer berbentuk lembaran tipis, berwarna putih atau kuning, tidak berbau. Kitosan merupakan produk deasetilasi kitin melalui proses kimia menggunakan basa natrium hidroksida atau proses enzimatik menggunakan enzim *chitin deacetylase*. Serat ini bersifat tidak dicerna dan tidak diserap tubuh. Sifat menonjol kitosan adalah kemampuan mengabsorpsi lemak hingga 4-5 kali beratnya (Lili, 2017).

1.5 Nanokitosan

Biopolimer kitosan merupakan aminopolisakarida yang tersusun dari poli (1-4) -2-amino-2- unit deoksi-D-glukopiranososa yang terdiri dari gugus amino dalam strukturnya. Kitosan telah banyak digunakan sebagai bahan biopolimer yang penting dan menjanjikan dalam rekayasa jaringan karena sifatnya aktivitas anti-mikroba, biodegradabilitas, biokompatibilitas dan Sifat tidak beracun.

Namun, itu bukan bahan yang ideal untuk rekayasa jaringan karena bioaktivitasnya perlu ditingkatkan secara spesifik jaringan. Salah satu metode yang digunakan untuk memodifikasi kitosan adalah dengan mengubahnya menjadi nanoform. Dalam pekerjaan ini nanokitosan dibuat dengan metode pengikatan silang ionik menggunakan natrium tripolifosfat. Nanokitosan memiliki beberapa sifat unik seperti reaktivitas permukaan tinggi, tidak beracun, ukurannya kecil dan bahan ramah lingkungan. Partikel berukuran nano lembut dan rapuh di alam. Untuk mengatasi keterbatasan ini dan untuk memenuhi persyaratan perancah rekayasa jaringan tulang dicampur dengan fibroin sutra polimer alami lainnya untuk membentuk matriks ekstraseluler (Gokila, dkk, 2018).

1.6 Zn-Curcumin

Sebagai bahan untuk rekayasa jaringan tulang, Zn-Cur telah diselidiki melalui karakteristik SEM, TEM dan FT-IR Hasil pengamatan SEM dan TEM menunjukkan serat nano koaksial seragam bebas dengan diameter sekitar 153 nm. Potensi nanofiber komposit sebagai perancah jaringan tulang melalui seluler morfologi dan MTT pengujian menunjukkan bahwa Zn-Cur yang mengandung nanofiber lebih baik mensupport adesi seluler, penyebaran dan proliferasi dibandingkan dengan nanofiber lainnya. Terlebih lagi ternyata penambahan Zn-Cur dapat meningkatkan aktiitas ALP dan produksi mineralisasi matriks Zn-CUR kompleks tidak hanya meningkatkan kinerja osteogenik tetapi juga memiliki aktivitas antibakteri yang baik (Sedghi, dkk, 2018).

Curcumin (CUR) adalah salah satu polifenol hidrofobik alami [(E, E) -1,7bis (4-hidroksi-3-metoksi-fenil) -1,6-heptadiena-3,5-ione] dan merupakan pengobatan ayurveda di Sistem pengobatan tradisional India serta di banyak negara Asia (Parida, Mohanty, & Nayak, 2020). *Curcumin* dapat ditemukan

dalam kunyit dan merupakan bahan aktif yang bertanggung jawab atas warna kuningnya. Ia terkenal dengan sifat antimikroba, antioksidan, antikanker, anti-inflamasi dan penyembuhan luka. Aplikasi kurkumin topikal tampaknya mengubah ekspresi berbagai faktor pertumbuhan, enzim, MMP dan interleukin dan dengan demikian membantu penyembuhan lebih cepat. Rendahnya ketersediaan hayati kurkumin membatasi penggunaannya dalam rekayasa biomedis dan dapat diatasi dengan menyiapkannya dalam nanoformulasi (Cheirmadurai, dkk, 2019). Pendekatan ini dilakukan melalui preparasi bahan kompleks [kurkumin dengan logam, seperti: Ag, Zn, Ru, Fe, Ni dan Cu (Wanninger, dkk, 2015). Kurkumin tidak hanya berinteraksi dengan nanopartikel logam, tetapi juga dapat berinteraksi dengan biopolimer (alginat, gelatin, kitosan dan aktin) dan meningkatkan ketersediaan hayati dan terapeutik. (Singh, dkk, 2015). CUR memiliki aktivitas antikanker hegalian dan antibakteri, anti-inflamasi luka. Namun sifat hidrofobik dari curcumin menjadikan ia membatasi aktivitas in vivo dutoe metabolisme cepat. Setelah itu mengenai bioavailabilitas rendah. Untuk mengatasi hal tsb, curcumin dapat dikombinasikan dengan logam seperti ion zinc yang merupakan cara yang paling sederhana untuk mengatasi permasalahan dari kekurangan sifat curcumin. (Sedghi, dkk, 2018).

II. METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya pisang kepok (*Musa acuminata*) muda yang berasal dari Kota Lhokseumawe, mikroba *Lactobacillus bulgaricus*, HNO₃, asam asetat (Merck), HCl (Merck), H₂SO₄ (Merck), katalis zink oksida, gliserol (Merck), NaOH (Merck), NaOCl, etanol, Natrium Tripolifosfat (TPP), Potato Dextrose Agar (PDA) (Merck), cangkang kulit udang, ZnSO₄.7H₂O, Curcumin, aquades, dan es batu.

Sedangkan alat yang digunakan ialah Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infrared*) Shimadzu IR Prestige – 21 (Serial No. A210048 02519), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) JEOL JSM – 6510LA, alat sentrifugasi Sentrifuse NF. 1200, alat uji tarik *Universal Testing Machine* (UTM), *beaker glass*, *hot plate*, cawan petri, pipet tetes, *magnetic stirrer*, Erlenmeyer, termometer, gelas ukur, batang pengaduk, skertas saring, selang air pendingin, penjepit, klem, penyangga, motor pengaduk, pendingin refluks, labu leher.

Persiapan Bahan Baku

Pisang Kepok di ekstrak hingga dihasilkan pati pisang kepok. Selanjutnya di ayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh untuk mendapatkan produk berupa tepung.

Hidrolisis Pati Menjadi Glukosa

Sejumlah tepung pati yang dihasilkan dari proses pertama mula-mula dilarutkan dalam akuades (triplo), disesuaikan pHnya menjadi 2 dengan berbagai asam (HNO₃ 5%, HCl 5%, H₂SO₄ 2%) untuk masing-masing sampel. Cairan hasil saringan dilakukan uji TS (Total Sugar) untuk mengetahui kadar gula total pada sampel dan uji TRS (Total Reduction Sugar) untuk mengetahui gula pereduksi, dalam hal ini glukosa yang akan digunakan untuk fermentasi.

Fermentasi Asam Laktat

Fermentasi glukosa menjadi asam laktat menggunakan bakteri *Lactobacillus plantarum*. Mula-mula perlu dibuat media berkembang bakteri. Pembuatan media tersebut menggunakan metode kaldu dan Nutrien agar.

Pembentukan Polimer

Asam laktat yang dihasilkan melalui fermentasi kemudian dipolimerisasi

dengan metode ROP (Ring Opening Polymerisation), dengan tiga tahapan yaitu polikondensasi asam laktat, depolimerisasi hingga membentuk dimer siklik (lactide), dan dilanjutkan dengan polimerisasi pembukaan cincin, sehingga diperoleh PLA dengan berat molekul tinggi.

Pembentukan Bioscaffold

PLA, Nanokitosan dan Zn-Curcumin yang telah disiapkan dicampur dan diaduk hingga merata menggunakan pengaduk magnetis hingga homogen selama 2 jam untuk menghilangkan gelembung udara sepenuhnya. Campuran larutan yang telah disiapkan dituang dalam cetakan. Setelah selesai dicetak, campuran kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 40°C selama 3 hari hingga kering.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

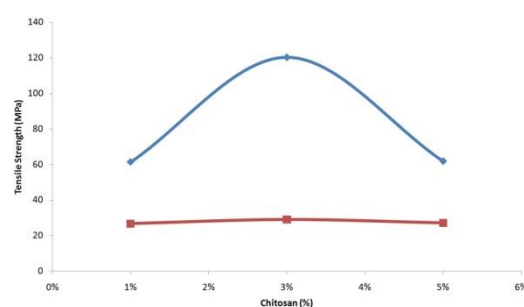
Pengembangan mengenai teknologi bioscaffold telah berkembang sangat pesat. Kekuatan mekanik Bioscaffold merupakan factor penting yang harus dikaji secara mendalam untuk mengetahui aplikasinya dalam bidang teknik jaringan. Sifat mekanik daya tarik sangat penting karena kebutuhannya untuk menyangga selama terjadinya proses kultur dan implantasi secara *in vitro*. Selain itu, pengujian sifat mekanik Bioscaffold sangat penting untuk mengetahui kehomogenan suatu campuran bahan polimer dan untuk mengetahui bahan campuran yang digunakan dalam pembuatan Bioscaffold.

A. Hasil Pengujian Kuat Tarik

Pada penelitian mengenai karakteristik mekanik PLA/ Nanokitosan/ Zn-Curcumin dianalisa melalui pengujian kuat tarik (Tensile Strength) sampel dengan menggunakan alat UTM (Universal Testing Machine) di Laboratorium Uji Tarik Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe. Dimensi spesimen yang digunakan mengikuti dimensi spesimen pada ASTM D 638 – 99.

Data hasil pengujian kuat tarik disajikan data mengenai nilai kuat tarik (MPa) dan elongasi (%) yang ditunjukkan

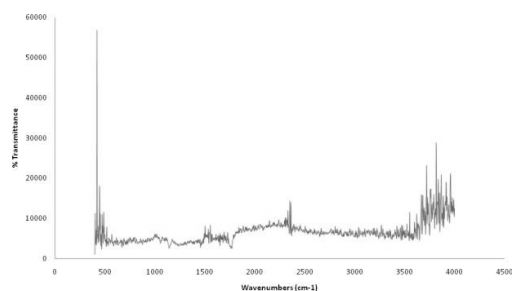
pada tabel dibawah. Nilai kuat tarik yang didapat dari PLA/ Nanokitosan/ Zn-Curcumin yang didapatkan berkisar antara 26,7495 – 120,396 MPa. Sedangkan % elongasi PLA/ Nanokitosan/ Zn-Curcumin yang didapatkan berkisar antara 6,7342 – 26,3686 %. Peningkatan konsentrasi *Chitosan* memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tarik dan elongasi pada PLA/ Nanokitosan/ Zn-Curcumin. Hal ini dijelaskan melalui grafik pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik konsentrasi *Chitosan* (%) vs nilai kuat tarik (Tensile Strength) (MPa) pada PLA/Nanokitosan/ Zn-Curcumin (Sampel 1: 98,5 %; 1%; 0,5%) dan (Sampel 2: 96%; 3%; 1%)

B. Hasil Analisa Gugus Fungsi Menggunakan Spektrofotometer FT-IR (Fourier Transform Infrared)

Analisa ini dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada sampel PLA/Nanokitosan/ Zn-Curcumin dengan menggunakan alat Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) Shimadzu IR Prestige – 21 (Serial No. A210048 02519). Analisa ini juga bertujuan untuk mengetahui apakah penambahan konsentrasi *Chitosan* mempengaruhi gugus fungsi yang ada serta mengamati kemungkinan terjadinya reaksi pada tahap pengolahan yang ditandai dengan munculnya gugus-gugus fungsi baru yang sebelumnya tidak terdeteksi atau sebaliknya.



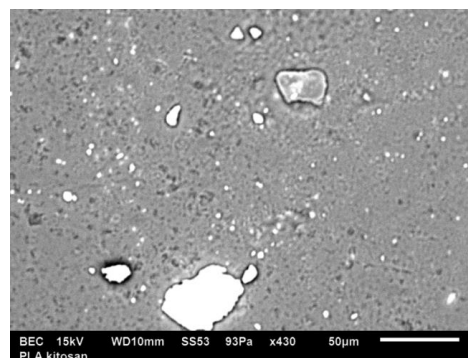
Gambar 4.2 Grafik analisa gugus fungsi PLA

Pada Gambar 4.2 ditampilkan grafik analisa gugus fungsi sampel PLA. Dari analisa yang dilakukan, hasil yang didapat adalah pada sampel PLA terdapat gugus fungsi O-H, C-H, C=O, CH₃, dan C-O. Ikatan O-H yang didapat mempunyai panjang gelombang 3500-3650 cm⁻¹. Puncak (*peak*) pada area panjang gelombang 3503,71 cm⁻¹ menunjukkan gabungan ikatan O-H dari asam dan alkohol. Pada area panjang gelombang 2850-2970 cm⁻¹, tampak gugus C-H yang merupakan senyawa alkana yang ditunjukkan pada panjang gelombang 2897,72 cm⁻¹. Pada area panjang gelombang 1690-1760 cm⁻¹ terdapat ikatan C=O yang merupakan gugus karbonil yang ditunjukkan pada panjang gelombang 1759,12 cm⁻¹. Sedangkan pada area panjang gelombang 1340-1470 cm⁻¹ terdapat ikatan CH₃ yang ditunjukkan pada panjang gelombang 1457,79 cm⁻¹, dan pada area panjang gelombang 1050-1300 cm⁻¹ terdapat ikatan C-O yang ditunjukkan pada panjang gelombang 1149,80 cm⁻¹.

C. Hasil Analisa SEM

Scanning Electron Microscopy (SEM) digunakan sebagai teknik analisa morfologi yang dapat mengidentifikasi permukaan suatu bahan dengan resolusi yang lebih tinggi daripada mikroskop optik yang cenderung konvensional. Metode ini memudahkan para peneliti untuk dapat mengamati apa yang terjadi di dalam dan sekitar *interface* antara bahan dengan lapisan oksida secara detil atau bahkan secara *In-Situ* (Sujatno, 2015).

Morfologi mikrostruktur *Bioscaffold* diamati menggunakan alat SEM yang dibuktikan dengan foto SEM pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.3 Foto SEM PLA/ Nanokitosan/ Zn- Curcumin dengan komposisi 98,5 %; 1%; 0,5% pada perbesaran 430 kali.

Pada Gambar 4.3 ditampilkan hasil foto SEM sampel PLA/*Chitosan Nanocomposites* yang memiliki karakteristik mekanik paling baik, yaitu dengan komposisi PLA/ Nanokitosan/ Zn-Curcumin yaitu 98,5 %; 1%; 0,5%. Foto di atas diambil pada perbesaran 430 kali. Dari gambar tersebut tampak permukaan sampel yang tidak terlalu seragam oleh karena adanya *Chitosan* yang menggumpal di beberapa bagian. Namun pada gambar tersebut, tampak bahwa penyebaran PLA yang terlihat seperti titik-titik hitam cukup merata. Dapat dikatakan bahwa, homogenitas PLA telah tercapai dengan baik.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Konsentrasi Nanokitosan di dalam sampel PLA/Nanokitosan/Zn-Curcumin mempengaruhi nilai kuat tarik. Nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada sampel dengan komposisi PLA/Nanokitosan/Zn-Curcumin (98,5 %; 1%; 0,5%) yaitu sebesar 120,396 MPa.

2. % elongasi tertinggi diperoleh pada sampel dengan komposisi PLA/Nanokitosan/Zn-Curcumin (98,5; 1; 0,5) %, yaitu sebesar 26,3686%.
 3. Penambahan Nanokitosan pada sampel mempengaruhi ikatan gugus fungsi, dimana terdapat gugus fungsi baru NH_2 pada bilangan gelombang $2923,92 \text{ cm}^{-1}$.
 4. Karakteristik sampel berdasarkan morfologi memperlihatkan interaksi antara PLA dan Nanokitosan yang homogen karna adanya penambahan Zn-Curcumin. Sehingga sampel yang dihasilkan memiliki potensi untuk dijadikan sebagai material penyusun *Bioscaffold*.
- Lou, T., Wang, X., & Song, G. (2013). Fabrication of Nano-Fibrous Poly(L-Lactic Acid) Scaffold Reinforced by Surface Modified Chitosan Micro-Fiber. *International Journal of Biological Macromolecules*, 61, hal. 353–358.
- Lopes, M.S., Jardini, A.L., & Filho, R.M. (2012). Poly (Lactic Acid) Production for Tissue Engineering Applications. *Procedia Engineering*, 42, 1402–1413.

DAFTAR PUSTAKA

- Albertsson, A.C., Varma, I.K., Lochab, B., Finne-Wstrand, A., & Kumar, K. (2010). Design and Synthesis of Different Types of Poly (Lactic Acid). *Poly (Lactic Acid): Synthesis, Structure, Properties, Processing, and Application*, hal. 43–55, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Auras, R., Harte, B., & Selke, S. (2004). An Overview of Polylactides as Packaging Materials. *Macromolecular Bioscience*, 4, 835–864.
- Chen, S., He, Z., Xu, G., & Xiao, X. (2016). Fabrication of nanofibrous tubular scaffolds for bone tissue engineering. *Materials Letters*, 182, 289–293.
- Gokila, S., Gomathi, T., Vijayalakshmi, K., Alsharani, F.A., Sukumaran, A & Sudha, P.N. (2018). Development of 3D Scaffolds Using Nanochitosan/Silk-Fibroin/Hyaluronic Acid Biomaterials For Tissue Engineering Applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120, 876–885.