



INTISARI

Tulang adalah jaringan struktur utama dari sistem kerangka vertebrata yang digunakan untuk menyangga beban besar. Kerusakan tulang manusia bisa terjadi karena kecelakaan maupun penyakit dengan geometri kompleks. Selama ini tulang yang rusak diperbaiki atau disembuhkan dengan pencangkokan tulang. Pencangkokan tulang adalah prosedur bedah yang menempatkan tulang baru atau bahan pengganti tulang (*bone graft*) pada bagian yang rusak untuk membantu proses penyembuhan. *Bone graft* secara garis besar dibagi tiga golongan yaitu *autograft*, *allograft*, dan *xenograft*. *Autograft* merupakan *bone graft* yang mempunyai standar paling baik sebagai bahan implan dibandingkan dengan *allograft*, dan *xenograft*. Namun demikian selain memiliki keunggulan, *autograft* memiliki beberapa kelemahan yaitu bagian tubuh donor yang diambil akan mengalami sakit, meningkatkan resiko infeksi dan kehilangan darah, menambah waktu anestesi dan jaringan donor terbatas sehingga kebutuhan pasien sering tidak dapat dipenuhi. Sedangkan *Allograft* dan *xenograft* merupakan *bone graft* yang mempunyai potensi infeksi pasca operasi serta memiliki resiko penularan penyakit maka digunakan *bone graft* sintesis. *Bone graft* sintesis berkembang sangat pesat, salah satunya adalah dalam bentuk biokomposit. Selama ini biokomposit proses pencampuran matriks dan bahan penguatnya dilakukan secara manual sehingga tidak mampu menyelesaikan problem geometri yang kompleks. Tujuan penelitian ini adalah membuat bioliquid sebagai matriks biokomposit (HA/gelatin) sebagai *bone graft* dengan glutaraldehid sebagai *crosslinker*. Proses penambahan matriks dengan metode *ink jet printing*.

Dalam penelitian ini proses pencampuran matriks dan bahan penguat menggunakan bantuan *cartridge printer* dengan kendali komputer. Biokomposit dibuat dengan menggunakan campuran hidroksiapatit (HA) dan gelatin. Larutan gelatin dideposisi diatas hamparan serbuk HA menggunakan metode *ink jet printing DOD* yang dikendalikan menggunakan komputer. Hidroksiapatit yang digunakan adalah serbuk HA *bovine* yang dibuat sendiri dengan mesh 325 dan gelatin (Merk-Germany) sebagai bahan bioliquid. Bahan lain yang digunakan adalah glutaraldehid sebagai *crosslinker* dan *aquades* sebagai pelarut dengan variasi campuran 0,8%; 1% dan 1,2% (w/v). Biokomposit dibuat dengan cara serbuk HA yang telah diberi glutaraldehid 0,3% (v/v) sebagai *crosslinker* dihamparkan diatas kertas yang telah dilapisi larutan gelatin menggunakan ink jet printer Canon iP 2770, kemudian hamparan HA disemprot kembali dengan larutan gelatin melalui *ink jet printer* dan dibuat lapis demi lapis. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini dibagi dua yaitu larutan gelatin sebagai bioliquid dan spesimen biokomposit. Uji larutan gelatin meliputi uji mampu alir melalui *cartridge* dan uji *wettability*. Sedangkan uji biokomposit meliputi uji *Diametral Tensile Strength*, *SEM/EDX*, *XRD*, *FTIR* dan in vitro dengan sel vero.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan gelatin yang dapat mengalir melalui *cartridge ink jet printer* adalah yang memiliki nilai viskositas 2,05148 mPa.s, 2,05334 mPa.s dan 2,06024 mPa.s. Sedangkan hasil uji *Wettability* larutan gelatin terhadap HA pada konsentrasi 0,8%; 1% dan 1,2% (w/v) mengindikasikan



sifat hidrofilik ($< 90^\circ$). yang ditunjukkan dengan sudut kontak (θ) $46,6^\circ$, $51,5^\circ$ dan $61,2^\circ$. Hasil uji *SEM* menunjukkan bahwa larutan gelatin dengan viskositas 2,05334 mPa.s dapat meresap dan mengikat serbuk HA. Sedangkan pada hasil uji *EDX* biokomposit menunjukkan unsur yang besar adalah Ca 37 %, O 34 %, P 15%, dan C 10,44% sedangkan unsur yang kecil adalah unsur Na 0,7% dan Mg 0,38%. Selanjutnya, pada hasil uji *FTIR* menunjukkan bahwa gugus fungsi yang ada adalah C-H aromatik, C-H alkena, C-O asam karbonat, O-H alkohol, C-N amina N-H amida NO_2 dan C=C alkena. Selanjutnya, hasil uji *XRD* antara HA *bovine* dengan HA *standard JCPDS 9-432* hampir sama baik mengenai tingginya intensitas *peak*, 2θ serta *d-spacing* (A°), HA *bovine* nilai tertinggi pada 2θ adalah $31,764$ dengan *d-spacing* (A°) yaitu $2,814$ pada I/I_0 100, data HA *standard JCPDS 9-432* menunjukkan nilai yang tertinggi pada 2θ adalah $31,803$ dengan *d-spacing* (A°) 814 pada I/I_0 100. Selanjutnya pada uji *Diametral Tensile Strength* pada biokomposit dengan konsentrasi larutan gelatin 0,8%; 1% dan 1,2% (w/v) mempunyai kekuatan 5,3 MPa, 6,5 MPa dan 8,3 MPa. Hasil uji in vitro pada biokomposit tidak menunjukkan toksisitas terhadap sel fibroblas. Dari uji in vitro dianalisis menggunakan anova satu jalur menunjukkan nilai p sebesar 0,794 dimana $p > 0,05$ hal tersebut menunjukkan bahwa perbandingan konsentrasi gelatin, HA dan glutaraldehid sebagai *crosslinker* tidak mempunyai pengaruh yang bermakna terhadap sel hidup.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa gelatin dengan nilai viskositas 2,051 mPa.s, 2,053 mPa.s dan 2,060 mPa.s mampu alir melalui *cartridge ink jet printer DOD*. Larutan gelatin mempunyai sifat hidrofilik dan memiliki *wettability* yang baik terhadap serbuk HA *bovine* dan larutan gelatin bisa meresap untuk mengikat HA. Sedangkan HA *bovine* memiliki sifat *high crystalline*. Larutan gelatin dan hidroksiapatit ditambah glutaraldehid sebagai *crosslinker* berpotensi untuk dibuat biokomposit melalui *ink jet printer DOD*. Biokomposit yang dibuat dari HA *bovine* dengan larutan gelatin dan glutaraldehid sebagai *crosslinker* tidak menimbulkan reaksi toksisitas pada sel vero setelah di uji dengan in vitro.

Kata kunci: biokomposit, gelatin, glutaraldehid, hidroksiapatit, ink jet printer



ABSTRACT

Bone tissue is the main structure of the skeletal system of vertebrates that are used to support large loads. Human bone damage can occur due to an accident or illness with complex geometries. During this time a broken bone can be improved or cured with bone grafting. Bone grafting is a surgical procedure to place new bone or bone replacement material (bone graft) on the affected part to help the healing process. Bone graft is broadly divided into three groups, namely the autograft, allograft and xenograft. Autograft bone graft that has a most excellent standard as implant materials compared with allograft, and xenograft. However, in addition to having the advantage, autograph has some weakness that donor body parts are taken will experience pain, increases the risk of infection and blood loss, increase the time of anesthesia and donor tissue is limited so that the needs of patients often can not be met. While allograft and xenograft bone graft is potentially postoperative infection and are at risk of disease transmission, the use of synthetic bone graft. Synthetic bone graft is growing very rapidly and undergoing refurbishment as biocomposites. During this mixing and deposition biocomposites created manually and is unable to resolve the complex geometri. The purpose of this research is to make bioliquid as matrix biocomposite (HA/gelatin) as a bone graft with glutaraldehyde as crosslinker. The process of adding a matrix with ink jet printing method.

In this study mixing process using a matrix and reinforcing material assistance to control a computer printer cartridge. Biocomposites made using a mixture of hydroxyapatite (HA) and gelatin. Gelatin solution is deposited over a stretch of HA powder using DOD ink jet printing using a computer-controlled. Hydroxyapatite used is bovine HA powder that is made with 325 mesh and gelatin (Brand-Germany) as bioliquid material. Other materials used are glutaraldehyde as crosslinker and distilled water as a solvent mixture with a variation of 0.8%: 1% and 1.2% (w/v). Biocomposites made by HA powder which has been given glutaraldehyde 0.3% (v/v) as crosslinker is spread on paper that has been coated with gelatin solution using an ink jet printer Canon iP 2770, then a stretch of HA sprayed back with gelatin solution through the ink jet printer and created layer by layer. Tests were conducted in this study divided into two gelatin solution as a specimen bioliquid and biocomposites. Test gelatin solution include tests capable of flow through the cartridge and wettability test. While biocomposite test includes Diametrically Tensile Strength, SEM / EDX, XRD, FTIR and in vitro with vero cells.

The results showed that the gelatin solution that can flow through the ink jet printer cartridges is that having viscosity 2.05148 mPa.s, 2.05334 mPa.s and 2.06024 mPa.s. While the test results wettability against HA gelatin solution at a



concentration of 0.8%; 1% and 1.2% (w/v) indicates the hydrophilic properties ($<90^\circ$). which is shown by the contact angle (θ) 46.6° , 51.5° and 61.2° . SEM test results showed that the gelatin solution with 2.05334 mPa.s viscosity can penetrate and bind to HA powder. While the test results EDX biocomposites showed great elements is Ca 37%, O 34%, P 15%, and C 10.44%, while the small element is the element Na 0.7% and 0.38% Mg. Furthermore, the FTIR test results indicate that there is a functional group of aromatic CH, CH alkenes, CO carbonic acid, OH alcohols, amines NH amide NO₂ CN and C = C alkenes. Further, test results of XRD between bovine HA and JCPDS 9-432 HA standard nearly as well as to the high intensity of the peak, 2θ and d -spacing (A°), HA bovine highest score at 2θ is 31.764 with d -spacing (A°) namely 2,814 at I/I_0 100, the data JCPDS 9-432 standard HA showed the highest value at 2θ is 31.803 with d -spacing (A°) 814 at the I/I_0 100. While the Diametral Tensile Strength test at biocomposites with the concentration of gelatin solution 0.8%; 1% and 1.2% (w/v) has a strength of 5.3 MPa, 6.5 MPa and 8.3 MPa. Results of in vitro assays in biocomposites showed no toxicity against fibroblasts. From in vitro assays were analyzed using ANOVA one lane shows p value of 0.794 where $p > 0.05$ it showed that the ratio of the concentration of gelatin, HA and glutaraldehyde as the crosslinker does not have a significant effect on living cells.

Based on these results it can be concluded that the gelatin with a viscosity value of 2.051 mPa.s, 2,053 mPa.s and 2,060 mPa.s able to flow through the cartridge DOD ink jet printer. Gelatin solution has hydrophilic properties and have a good wettability against bovine HA powder and gelatin solution can seep to bind HA. While bovine HA has high crystalline properties. Gelatin solution and hydroxyapatite plus glutaraldehyde as crosslinker has the potential to be made biocomposites through DOD ink jet printer. Biocomposites made from bovine HA with a solution of gelatin and glutaraldehyde as the crosslinker does not cause toxicity reactions in vero cells after in vitro test .

Keywords: biocomposite, gelatin, glutaraldehyde, hydroxyapatite, inkjet printer