

PENGEMBANGAN METODE *INJECTION MOULDING* BERBASIS *ADDITIVE MANUFACTURING* UNTUK REKONSTRUKSI DAN REDESAIN *CRANIAL BONE DEFECTS*

Oleh:
Djoko Kuswanto

INTISARI

Defek tulang kepala (*cranial bone defects*) merupakan kasus medis dimana tidak adanya jaringan tulang pada bagian *cranial* akibat trauma, nekrosis jaringan, penyakit, pertumbuhan tulang abnormal, atau tindakan medis yang disengaja (*craniectomy* dan bedah kecantikan). *Cranioplasty*, adalah tindakan medis untuk perbaikan cacat dan kelainan pada tengkorak. Perkembangan teknologi *additive manufacturing*/printer 3D untuk medis, memungkinkan aplikasi produksi implan pra-operasi dengan keunggulan akurasi geometri yang baik, mengurangi waktu operasi dan resiko kehilangan banyak darah. Teknologi printer 3D paling populer dan potensial untuk dikembangkan masal adalah *fused deposition modeling*/FDM. Akan tetapi memiliki kekurangan: *single* material, jenis material terbatas dan temperatur yang tinggi sehingga tidak bisa dicampur dengan material/senyawa bioaktif yang sensitif terhadap panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode pembuatan implan pra-operasi berbasis teknologi *additive manufacturing* untuk rekonstruksi dan redesain *cranial bone defects* di Indonesia.

Penelitian ini menghasilkan metode *injection moulding* berbasis printer 3D dengan melakukan modifikasi alat, material, tahapan dan sistim produksi implan pra-operasi yang mengacu pada teknologi *additive manufacturing* untuk *cranioplasty* yang sudah dilakukan di negara maju. Untuk memastikan modifikasi ini bisa menghasilkan implan pra-operasi dengan akurasi geometri yang diinginkan, dilakukan karakterisasi terhadap deviasi dimensi implan yang diproduksi yaitu deviasi volume, deviasi tebal, deviasi panjang linear, deviasi panjang kurva dan deviasi sudut kelengkungan permukaan implan, pada dua metode berbeda yang diuji: metode *cranial*/intra operatif dan metode *injection moulding* dengan menggunakan material PMMA. Hasil yang didapatkan adalah deviasi volume pada implan yang diproduksi yaitu sebesar $1.87 \pm 1.27 \%$ (*injection moulding*) dibandingkan $11.39 \pm 3.71 \%$ (metode *cranial*), deviasi tebal sebesar $2.54 \pm 0.86 \%$ (*injection moulding*) dibandingkan $7.35 \pm 1.43 \%$ (metode *cranial*), deviasi panjang linear sebesar $2.61 \pm 0.47\%$ (*injection moulding*) dibandingkan $5.76 \pm 0.79 \%$ (metode *cranial*), deviasi panjang kurva sebesar $1.54 \pm 0.77\%$ (*injection moulding*) dibandingkan $6.34 \pm 0.99 \%$ (metode *cranial*) dan deviasi sudut kelengkungan permukaan sebesar $0.98 \pm 0 \%$ (*injection moulding*) dibandingkan $15.45 \pm 3.94 \%$ (metode *cranial*). Dapat diambil kesimpulan bahwa metode *injection moulding* lebih baik daripada metode *cranial*/intra operatif.

Kata kunci: *cranial bone defects*, *cranioplasty*, *additive manufacturing*, *injection moulding*, *fused deposition modeling*

DEVELOPMENT OF INJECTION MOULDING METHOD BASED ON ADDITIVE MANUFACTURING FOR RECONSTRUCTION AND REDESIGNING CRANIAL BONE DEFECTS

Abstract

Manufacture of pre-surgery implant may shorten the surgery duration and blood loss risk which provide medical benefit for patient. Additive manufacturing technology (AMT) have been applied in manufacture of pre-implant for cranioplasty surgery. Application of AMT allows production of pre-surgery implant with good geometrical accuracy. The most popular and potential printer 3D technology for mass developed in medical, is fused deposition modeling/FDM, because capable of producing its porosity high with a pattern laydown and the mechanical force good. However, FDM technology have some drawbacks i.e. the use of single type material, limited types of materials, and operation at high temperatures. This research was conducted to develop pre-surgery implants based on additive manufacturing technology to reconstruct and redesign cranial bone defects in Indonesia.

This research produced 3D printer-based of injection moulding method by modifying tools, materials, steps, and pre-surgery implants production system based on the additive manufacturing for cranioplasty. Geometrical accuracy of implant was measured in term of volume deviation, thickness deviation, linear length deviation, curve length deviation and surface curve angle deviation of implants. The study comparing two different methods tested: cranial/intra-operative method and injection moulding method using PMMA material.

The result showed that implant manufactured by 3D printer based mould have a higher geometrical accuracy as compared to cranial method. Volume deviation on the produced implants is $1.87 \pm 1.27 \%$ (injection moulding) compared to $11.39 \pm 3.71 \%$ (cranial method), thickness deviation of $2.54 \pm 0.86 \%$ (injection moulding) compared to $7.35 \pm 1.43 \%$ (cranial method), linear length deviation of $2.61 \pm 0.47\%$ (injection moulding) compared to $5.76 \pm 0.79 \%$ (cranial method), curve length deviation of $1.54 \pm 0.77\%$ (injection moulding) compared to $6.34 \pm 0.99 \%$ (cranial method) and surface curve angle deviation of $0.98 \pm 0 \%$ (injection moulding) compared to $15.45 \pm 3.94 \%$ (cranial method). From the data, it can be concluded that the injection moulding method is better suited than the cranial/intra-operative method.

Keywords: cranial bone defects, cranioplasty, injection moulding additive manufacturing, fused deposition modeling