

## INTISARI

Implan tulang adalah prosedur operasi medis yang melibatkan penggantian atau rekonstruksi tulang yang hilang atau rusak dengan tulang pasien sendiri, bahan pengganti natural atau artifisial. Semen tulang yang banyak digunakan adalah material komposit berbahan polimetilmetakrilat (PMMA) yang dikombinasikan dengan hidroksiapatit (HA) untuk meningkatkan bioaktivitas. Implan tulang dapat dibentuk secara manual saat operasi. Namun metode tersebut membutuhkan waktu operasi yang lebih lama dan menimbulkan kemungkinan kesalahan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, digunakan teknologi 3D *printing* yang memiliki berbagai kelebihan. Meskipun demikian beberapa mesin 3D *printing* belum dapat memberikan hasil *printing* yang optimal dimana dimensi hasil *printing* sama dengan dimensi desain. Selain pengukuran dimensi, diperlukan juga pengukuran sifat mekanis, salah satunya *flexural strength* untuk mengetahui kualitas hasil *printing*.

Pada penelitian ini, mesin 3D *printing* yang digunakan adalah mesin 3D *printing* milik Laboratorium Desain dan Pengembangan Produk Universitas Gadjah Mada. Mesin tersebut telah dimodifikasi sehingga dapat mengeluarkan material dalam bentuk pasta melalui *nozzle*. Material yang digunakan adalah PMMA *powder* : MMA *liquid* dengan perbandingan 1 : 1 yang ditambahkan hidroksiapatit hingga mencapai 20 % dari total campuran atau 50% dari PMMA *powder*. Terdapat tiga parameter yang digunakan, yaitu *perimeter speed* atau kecepatan cetak tepi (20 mm/s, 30 mm/s, dan 40 mm/s), *infill speed* atau kecepatan cetak bagian dalam (50 mm/s, 60 mm/s, dan 70 mm/s), dan *fill angle* atau sudut kemiringan pencetakan bagian dalam (45°, 60°, dan 90°). Desain spesimen yang digunakan mengikuti ketentuan spesimen ASTM D790 untuk mengukur *flexural strength*. Untuk memodelkan dan mengoptimalkan nilai respon yang dipengaruhi oleh parameter proses yang telah disebutkan, digunakan *response surface method* (RSM).

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengaturan parameter yang maksimum untuk mendapatkan galat dimensi terkecil sekaligus *flexural strength* tertinggi adalah *perimeter speed* 19,28 mm/s, *infill speed* 43,67 mm/s, dan *fill angle* 38,92° (dibulatkan menjadi 39°). Prediksi variabel respon yang didapatkan adalah sebesar 1,24% untuk galat panjang, 83,44% untuk galat lebar, 15,48% untuk galat tebal, dan 0,79 MPa untuk *flexural strength*. *Perimeter speed*, *infill speed*, dan *fill angle* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase galat dimensi dan *flexural strength*. Terdapat variabel lain yang lebih berpengaruh terhadap persentase galat dimensi dan *flexural strength*.

Kata kunci: 3D *printing*, Polimetilmetakrilat (PMMA), Hidroksiapatit (HA), *perimeter speed*, *infill speed*, *fill angle*, *response surface method* (RSM).

## ***ABSTRACT***

Bone implants are surgical procedures involving replacement or reconstruction of missing or damaged bones with the patient's own bones, natural or artificial substitutes. The widely used bone cement is a polymethylmethacrylate (PMMA) composite materials combined with hydroxyapatite (HA) to enhance bioactivity. Bone implants can be formed manually during surgery. However, the method requires a longer operation time and raises the possibility of a higher error. Therefore, 3D printing technology is used because it has performed many advantages. Nevertheless, some 3D printing machines have not been able to provide optimal printing results where the dimensions of the printing results is the same as the design dimension. In addition to dimensional measurement, measurement of mechanical properties is also required to recognize the quality of printing results, one of them is flexural strength.

In this research, 3D printing machine used is 3D printing machine owned by Product Design and Development Laboratory of Gadjah Mada University. The machine has been modified so that it can extrude the material in the form of paste through a nozzle. The material used is PMMA powder : MMA liquid with a ratio of 1: 1 which is added with hydroxyapatite up to 50% of total weight of PMMA powder. There are three parameters used: perimeter speed or edge print speed (20 mm/s, 30 mm/s, and 40 mm/s), infill speed or inner print speed (50 mm/s, 60 mm/s, and 70 mm/s), and fill angle or inner slope printing angle (45°, 60°, and 90°). The specimen design is made according to ASTM D790 standards to measure flexural strength. To model and optimize the response values that are affected by the mentioned process parameters, response surface method (RSM) is used.

The results of this study indicate that the maximum parameter setting to obtain the smallest dimensional error and the highest flexural strength is perimeter speed 19.28 mm/s, infill speed 43.67 mm/s, and fill angle 38.92 ° (rounded to 39°). The predicted response variables are 1.24% for length error, 83.44% for width error, 15.48% for thickness error, and 0,79 MPa for flexural strength. Perimeter speed, infill speed, and fill angle do not have a significant effect on the percentage of dimensional errors and flexural strength. There are other variables that are more influential on the percentage of dimensional errors and flexural strength.

**Keyword:** 3D printing, Polymethylmetacrylate (PMMA), Hydroxyapatite (HA), perimeter speed, infill speed, fill angle, response surface method (RSM).