

REVIEW : *RAPID PROTOTYPING TECHNOLOGY* UNTUK APLIKASI PEMBUATAN IMPLAN TULANG DAN GIGI

Dini Cahyandari¹

ABSTRAK

Saat ini material implan tulang dan gigi masih didominasi oleh produk impor. Selain merupakan belanja yang membutuhkan devisa, produk impor juga mempunyai spesifikasi dimensi yang tidak sesuai dengan profil orang Indonesia. Dengan teknologi *rapid prototyping* dapat menghasilkan dimensi implan tulang dan gigi yang sesuai dengan profil orang Indonesia dan dapat menurunkan ongkos produksi karena dapat diproduksi oleh anak bangsa sendiri. Rapid Prototyping adalah teknologi yang digunakan membuat model tiga dimensi dari *computer-aided design* (CAD), awalnya di bangun lapisan demi lapisan tergantung input 3 Dimensinya. Rapid prototyping disebut juga dengan pembuatan dengan bentuk padat, manufaktur lapisan.

Kata Kunci: *Rapid Prototyping*, Implan Tulang Dan Gigi, FDM (*Fused Deposition Methode*)

PENDAHULUAN

Berdasarkan data kementerian Kesehatan tahun 2012, belanja total alat kesehatan mencapai kurang lebih Rp. 7 Triliun, baru sekitar 4 % diantaranya dipenuhi industri manufaktur lokal. Selain itu potensi pasar alat kesehatan di Indonesia cukup besar yaitu mencapai 6% dari PDB. Sehingga diharapkan dengan produksi mandiri Alat kesehatan akan dapat berdampak besar bagi pemanfaatan sumber daya lokal, pengaplikasian hasil penelitian di Perguruan Tinggi serta dapat menyerap tenaga kerja. Produksi alat kesehatan diharapkan dapat meningkatkan kemandirian bangsa dan merupakan substitusi alat kesehatan impor (lifestyle.bisnis.com).

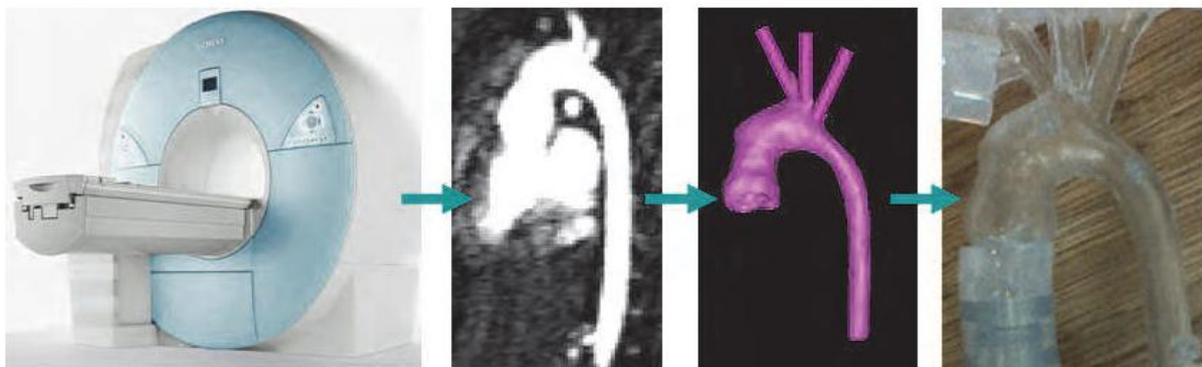
Pada saat ini material implan tulang dan gigi masih didominasi oleh produk impor. Selain merupakan belanja yang membutuhkan devisa, produk impor juga mempunyai spesifikasi dimensi yang tidak sesuai dengan profil orang Indonesia. Dengan teknologi *rapid prototyping* dapat menghasilkan dimensi implan tulang dan gigi yang sesuai dengan profil orang Indonesia dan dapat menurunkan ongkos produksi karena dapat diproduksi oleh anak bangsa sendiri.

¹Dosen Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang

Rapid Prototyping adalah teknologi yang digunakan membuat model tiga dimensi dari *computer-aided design* (CAD), awalnya di bangun lapisan demi lapisan tergantung input 3 Dimensinya (Laoui, 2003). Rapid disebut juga dengan pembuatan dengan bentuk padat, manufaktur lapisan. Perkembangan teknik ini di dunia medis telah menyumbangkan kemungkinan kesesuaian dengan tiga langkah berikut :

1. Gambar medis (data akuisisi)
2. Proses gambar (penyusunan dan rekonstruksi gambar dengan software)
3. *Rapid Prototyping*

Langkah ini di sajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Rapid prototyping di bidang medis, dari kiri ke kanan : data akuisisi (pada kasus ini menggunakan *magnetic resonance* (MR) imaging), proses gambar dengan software yang sesuai (dalam kasus ini menggunakan Mimic, Materialise, Leuven,Belgium) dan model 3 D akhir di cetak menggunakan resin transparan (contoh implan yang di buat adalah busur aorta pasien anak) (Biglino G, 2010).

Aplikasi teknologi rapid prototyping adalah :

1. Perencanaan Pra-bedah
2. Replika mekanika
3. Alat peraga pendidikan
4. Implan standar
5. Microelectromechanical systems (MEMS)
6. Forensik

Akuisisi gambar dan data Anatomi

Input klinik untuk rapid prototyping direpresentasi dari informasi data dari data gambar. Umumnya *Magnetic Resonance* (MR) imaging dan *Computerized tomography* (CT) imaging digunakan untuk tujuan ini. Sumber data lainnya dapat diperoleh dari laser permukaan digital, ultra sound dan mammography. Output dari proses akuisisi data dan input dari rapid prototyping mengikuti proses yang dianjurkan yaitu gambar DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) yang merupakan keluaran dari gambar profesional medis termasuk *endoscopy*, *mammography*, *ophthalmology*, *orthopaedics*, *pathology* dan gambar dari bidang kedokteran hewan.

Berikut adalah akuisisi data yang digunakan pada teknologi rapid prototyping :

1. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI)

MRI adalah teknik menggambar berdasarkan deteksi katakteristik jaringan yang berbeda dengan variasi jumlah dan frekwensi arus radio, sangat berguna untuk sifat jaringan yang berbeda. MRI mempunyai fungsi yang krusial dalam tidak pengemisi radiasi X-ray. Sebagai gantinya scanner MRI memberikan bidang magnetik yang kuat yang menyebabkan proton bergerak sejajar atau tidak sejajar.

2. *Computerized tomography*

Jaringan keras dan struktur tulang yang menangkap MRI sedikit, dapat di tangkap gambarnya dengan *Computerized tomography* (CT). Teknik radiografi ini menggunakan sinar X untuk menscan jaringan tubuh dari arah yang berbeda. Absorpsi dari jaringan yang berbeda di hitung dan di display berdasarkan luas daerah abu-abu. Resolusi data CT dapat meningkat seiring penurunan ketebalan lapisan dan menghasilkan lebih banyak lapisan sepanjang daerah yang discan.

3. Metode yang lain

Laser permukaan digital adalah teknik yang mengijinkan akuisisi data eksternal sementara MRI dan CT memperbandingkan data internal dan eksternal sehingga mengurangi proses scanning dan ukuran file. Teknologi ini berdasarkan *laser probe emitting a diode-based laser beam* yang membentuk profil pada permukaan anatomi yang digambar. Masing-masing profil dikumpulkan dari polyline dan kombinasi profil menghasilkan volume 3 dimensi. Keuntungan dari metode ini adalah tidak adanya radiasi emisi. Kasus yang sudah ditangani

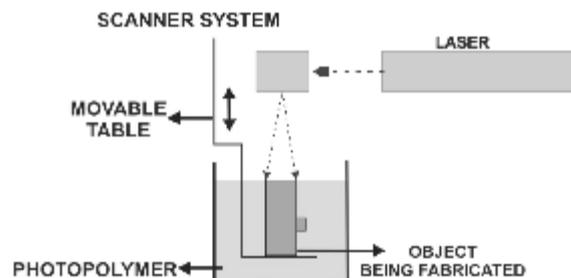
dengan metode ini adalah pembuatan model implan telinga (Ching and C. & M. C. Kai, 1998). Ultrasound 3D juga telah digunakan sebagai input untuk aplikasi *rapid prototyping*, kasus yang menggunakan metode ini adalah pemodelan foetal (H. Werner, R. Fontes and S. & S. J. Campbell, 2009).

Fabrikasi Model

Metode yang digunakan untuk pembuatan model fisik dengan *rapid prototyping* secara garis besar dibagi menjadi dua jenis yaitu *additive* dan *subtractive*. Metode *additive* adalah menambahkan material ke substrate. Sedangkan proses *subtractive* melibatkan permesinan dengan spindle kecepatan tinggi. Dalam hal aplikasi medis metode *additive* lebih banyak digunakan karena dapat menghasilkan bentuk yang kompleks.

Teknologi *rapid prototyping* menggunakan beberapa metode, diantaranya adalah Stereolithography (SLA), inkjet-based system (3D printing - 3DP), selective laser sintering (SLS) and fuseddeposition modeling (FDM).

Stereolithography (SLA) adalah produksi model 3 dimensi dengan menggunakan resin yang sensitif terhadap cahaya, dalam hal ini adalah cahaya untraviolet (R. D. V. N. V. Madhav, 2013). Gambar 1. Adalah skema metode SLA.



Gambar 2. Diagram skema prosedur Stereolithography (SLA)

Metode SLA ini diaplikasikan untuk rekonstruksi bedah dan sub bedah implan gigi. Selain itu juga sering digunakan untuk pembuatan template pada pemasangan implan gigi tambahan. SLA mempunyai keakuratan yang tinggi sehingga dilaporkan pada beberapa penelitian telah berhasil digunakan sebagai pemandu pada pembedahan. Selain itu, seiring dengan perkembangan resin berwarna maka metode SLA diaplikasikan untuk membuat struktur anatomi tubuh yang jelas. Kelebihan dari metode SLA adalah keakuratan yang tinggi, kekuatan mekanik yang tinggi dan permukaan hasil yang halus. Namun kelemahan

dari metode ini adalah dibutuhkan proses curing, harga bahan baku yang relatif mahal dan peralatan yang mahal.

Selective Laser Sintering (SLS) adalah proses penyatuan lapisan dengan material khusus ke bentuk 3 dimensi :dengan komputer yang dipandu oleh laser. Serbuk thermoplastik di sebar dengan roller ke seluruh permukaan yang akan di bangun. Piston pada silinder bergerak turun satu obyek lapisan untuk mengakomodasi lapisan baru dari serbuk. Sistem delivery serbuk sama fungsinya dengan silinder yang dibangun. Disini piston bergerak naik secara incremental untuk mensuplai jumlah serbuk pad amasing-masing lapisan. Batang laser kemudian bergerak melintasi permukaan serbuk untuk melelehkandan mengikat antar lapisan. Chamber fabrikasi dijaga pada temperatur tepat dibawah temperatur leleh material, sehingga panas dari laser hanya dibutuhkan untuk meningkatkan temperatur untuk menghasilkan sintering. Hal ini dapat meningkatkan proses. Proses di ulang-ulang sampai seluruh obyek dihasilkan. Setelah obyek berhasil di buat selanjutnya piston keatas untuk mengangkat produk. Kelebihan serbuk dibersihkan dengan sikat dan terakhir adalah finishing manual dengan mengngkat dari chamber. Tidak dibutuhkan penyangga pada metode ini, overhangs dan undercut disangga oleh bed serbuk padat. SLS menawarkan kelebihan dari proses pembuatan material final. Bagaimanapun, sistem secara mekanika lebih kompleks dibanding metode yang lain.

Rentang material thermoplastik seperti komposit nilon, lilin invesment casting, material logam, keramik dan komposit thermoplastik dapat digunakan pada mesin SLS adalah keuntungan besar terutama di bidang kesehatan gigi. Kemampuan teknologi ini untuk membangun removable partial denture (RPD) framework telah diteliti (C. K. D. D. S. H. Jeng JY, 2000). Material yang digunakan adalah serbuk spherical kobalt-krom dengan ukuran prtikel maksimum 0,045 mm (rentang ukuran partikel adalah 0.005-0.045 mm) dan rata-rata ukuran partikel adalah 0.030 mm, berhasil memroduksi framework dari bahan cobalt-krom yang bagus. Kemungkinan preheat pada mesin SLS di bawah temperatur leleh dengan laser dimaksudkan untuk mempercepat produksi dan mengurangi distorsi thermal dan memfasilitasi penggabungan lapisan berikutnya.

Fused Deposition Modeling (FDM), adalah metode *rapid prototyping* terbesar kedua yang sering digunakan setelah SLA. Filament plastik atau lilin di lepaskan dari lilitan dan mensuplai ke nozel ekstrusi. Nozel dipanaskan untuk melelehkan plastik dan mempunyai mekanisme yang menyebabkan plastik yang meleleh mengalir menyala dan berhenti. Nozel di

rancang dapat bergerak arah vertikal dan horisontal. Sementara nozel bergerak diatas meja dalam geometri yang diinginkan, alat mendepositkan lapisan tipis plastik atau lilin yang diekstrusi. Plastik atau lilin mengeras secepat setelah dilepas dari nozel dan mengikat lapisan sebelumnya. Sistem dijaga pada temperatur tepat dibawah temperatur leleh bahan plastik atau lilin yang digunakan.

Inkjet (*thermal Phase Change*), prinsip kerja metode ini adalah hampir sama dengan printer 2D konvensional. Mesin ini menggunakan single jet untuk tiap plastik material, yang ditahan pada penampung dalam keadaan cair. Cairan diumpankan ke head jet individu yang berukuran sangat kecil dan bergerak di sumbu X-Y sesuai bentuk yang akan dibuat. Material mengeras oleh penurunan temperatur begitu setelah dijatuhkan. Setelah semua lapisan terbentuk oleh jet, head milling melewati lapisan untuk membuat lapisan dengan ketebalan seragam. Partikel kemudian di vakum setelah milling head memotong dan ditangkap filter. proses kemudian diulang untuk menghasilkan obyek. Setelah obyek komplet terbentuk material lilin penyangga dilelehkan atau dilarutkan. Karakteristik yang unggul dari metode inkjet 3D ini adalah dapat menghasilkan produksi dengan resolusi dan permukaan hasil yang halus sama dengan hasil mesin CNC. Teknik ini sangat lambat untuk menghasilkan obyek yang besar.

Aplikasi Rapid prototyping di bidang Orthopedic : fabrikasi implan tulang spesifik

Orthopedic adalah bidang terbesar yang mengaplikasikan rapid prototyping ini. Beberapa aplikasi dibidang ortopedi diantaranya konstruksi model anatomi dalam mempresentasikan luka bahu yang kompleks. Template spesifik untuk arthroplasty pada tulang sendi lutut. Produksi scaffold titanium berongga untuk design implan ortopedik. Fabrikasi pedoman bedah insersi cup pada arthroplasty sendi. Dan masih banyak lagi metode rapid prototyping ini di aplikasikan dibidang ortopedi.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari tulisan diatas adalah rapid prototyping sudah luas diaplikasikan di dunia kesehatan. Sebagai catatan bahwa rapid prototyping sangat aplikatif sehingga setiap orang dapat memanfaatkan kelebihan dari rapid prototyping ini. Secara klinik, rapid prototyping ini menyuguhkan kelengkapan yang flexibel dari diagnostik sampai design

prostesa. Hal ini dapat dibayangkan bahwa rapid prototyping, akan berkembang untuk aplikasi di bidang medis.

DAFTAR PUSTAKA

- "<http://lifestyle.bisnis.com/read/20160418/106/539162/bppt-ciptakan-implan-tulang-berkonten-lokal>," [Online].
- T. & S. S. Laoui, "Rapid prototyping techniques used to produce medical models/implants," in *Proceedings of the 4th national conference on rapid and virtual, uckinghamshire Chilterns University College, UK,, 2003*.
- S. S. a. A. M. T. Giovanni Biglino, "The Use of Rapid Prototyping in Clinical Applications," *Advanced Applications of Rapid Prototyping Technology in Modern Engineering*, pp. 21-40, 2010.
- L. Ching and C. & M. C. Kai, "A novel technique for fabricating facial prosthetic," in *Proceedings of the 20th annual International Conference of the IEEE Engineering in medicine and boilogy society, Hong Kong SAR, 1998*.
- H. Werner, R. Fontes and S. & S. J. Campbell, "Innovative developments in design and manufacturing: advanced research in virtual and rapid," in *Proceeding of VR@P4, Leiria, Portugal, 2009*.
- R. D. V. N. V. Madhav, "Rapid Prototyping and its Application in Dentistry," *Journal of Dental & Allied Sciences*, pp. 57-61, 2013.
- C. K. D. D. S. H. Jeng JY, "Tooth crown fabrication using reverse engineering technology and model maker rapid prototyping," *Rapid Prototyp. Jr*, pp. 136-145, 2000.

PENULIS:

Dr. DINI CAHYANDARI.ST,MT

Dosen Prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang

e-mail :dini@unimus.ac.id