

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teknologi *Three Dimension (3D) Printing*

2.1.1 *Three Dimension (3D) Printing*

Three dimension (3D) printing, juga dikenal sebagai *Rapid Prototyping (RP)* atau *Additive Manufactur (AM)*, melibatkan penambahan lapis demi lapis bahan yang sebenarnya untuk membuat objek atau struktur menggunakan desain berbantuan komputer dan manufaktur berbantuan komputer (CAD/CAM) (Pillai; dkk. 2021). Mesin *3D printer* merupakan alat untuk membuat benda 3D dari file digital (Gambar 2.1) (Ardiyanto D, Amin N, dan Muhammad T. 2021).



Gambar 2.1 *Three dimension (3D) printer*
(Umar; dkk. 2021)

2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan *Three Dimension (3D) Printing*

1. Kelebihan *Three Dimension (3D) Printing*

- a. Akurasi: studi model 3D lebih akurat karena melibatkan lebih sedikit langkah dan tidak ada tenaga manual.
- b. Kenyamanan bagi pasien: proses *scanning* lebih nyaman bagi pasien daripada teknik cetak konvensional.
- c. Pengurangan waktu: karena tidak adanya tayangan analog, dokter dapat langsung mengirim file *Standard Tessellation Language (STL)* digital ke teknisi, sehingga alur kerja digital jauh lebih cepat dibandingkan dengan yang konvensional.

- d. Manajemen cacat: selama elaborasi model digital yang diperoleh, cacat pemindaian dapat diselesaikan dengan menjamin kemajuan yang benar menuju pencetakan produk yang andal.
- e. Pengurangan biaya lingkungan: mengganti cetakan gigi konvensional dihindari dengan file STL, sehingga mengurangi jumlah bahan yang perlu dibuang, secara khusus hal tersebut berdampak secara signifikan terhadap berkurangnya biaya lingkungan (Scribante; dkk. 2022).

2. Kekurangan *Three Dimension (3D) Printing*

- a. Biaya: biaya untuk pembelian *3D printing* dan perangkat keras lebih tinggi dibandingkan dengan alur kerja konvensional.
- b. Waktu pembelajaran yang lebih panjang: diperlukan pelatihan khusus bagi dokter untuk membiasakan diri dengan menggunakan *scanning intraoral* agar diperoleh hasil yang benar-benar akurat.
- c. Perlunya rujukan ke laboratorium teknis tertentu: menjadi pertimbangan dokter yang bekerja dengan alur kerja digital dalam merujuk ke laboratorium yang hanya menyediakan teknologi yang diperlukan.
- d. Risiko kesehatan: prosedur khusus harus diikuti saat menangani *photopolymer resin* untuk menghindari iritasi kulit yang disebabkan oleh bahan ini. Namun, aspek lebih lanjut harus dievaluasi sehubungan dengan toksisitas *photopolymer resin*, yaitu *photopolymer resin* monomer yang beracun, meskipun pada umumnya bentuk polimernya tidak beracun (Scribante; dkk. 2022).

2.1.3 Sejarah *Three Dimension (3D) Printing*

Sebuah objek 3D dicetak untuk pertama kalinya oleh Charles Hull pada tahun 1983. Hull menemukan pencetakan 3D yang ia beri nama "*Stereolithography*". *Stereolithography* (SLA) adalah menginterpretasikan data dalam file CAD dengan menggunakan file dalam format STL. Selain bentuk, petunjuk juga dapat mencakup informasi tentang warna, tekstur, dan ketebalan objek yang akan dicetak. Hull kemudian mendirikan perusahaan 3D Systems yang memperkenalkan pertama *printer* 3D yang tersedia secara komersial bernama SLA-250 pada tahun 1988 (Narang D. 2022).

Pada tahun 1992, mesin *Stereolithography* (SLA) pertama dikembangkan oleh Hull untuk membuat langkah pengembangan lain meskipun memiliki teknologi lain di bidangnya seperti *Fused Deposition Modelling* (FDM) dan *Selective Laser Sintering* (SLS). FDM didirikan oleh Scott Crump, pendiri Stratasys. Pada 1990-an, perusahaan seperti Stratasys, Z Corp dan sistem 3D mendapatkan popularitas. Perusahaan-perusahaan ini mulai memproduksi *printer* 3D berdasarkan teknologi SLS atau FDM. Selain itu, perkembangan transplantasi organ pada akhir 1990-an yang dilakukan di Institut Wake Forest untuk pengobatan regeneratif telah membuka beberapa peluang untuk rekayasa 3D *printing* (Pandey R. 2014).

Tabel 2.1 Perkembangan 3D *printing* di dunia
(Ismianti dan Herianto. 2018)

Tahun	Perkembangan
1980	Paten pertama <i>Rapid Prototyping</i> oleh Dr. Kodama
1986	Paten <i>Stereolithography</i> (SLA) pertama oleh Charles Hull
1987	Kemunculan mesin SLA-1
1988	Paten <i>SLA technology</i> oleh University of Texas, Carl Deckard
1980	Kemunculan EOS storeos system (teknologi SLS untuk plastik dan metal)
1992	Paten <i>Fused Deposition Modelling</i> (FDM)
1993	Penemuan solidscape
1999	Penggunaan 3D <i>printing</i> dalam bidang kesehatan
2000	Pembuatan 3D <i>print</i> ginjal
2000	Pengenalan SLM <i>technology</i>
2005	Peluncuran Spectrum Z510, 3D <i>printing</i> pertama di pasaran dengan <i>high defition color</i>
2006	Proyek open source dimulai yang juga dikenal sebagai "Reprap" didirikan oleh Dr. Adrian di University of Bath di Inggris
2008	Kaki palsu buatan 3D pertama
2009	Paten FDM dalam domain politik
2010	Pameran mobil <i>prototype</i> 3D pertama (Urbee)
2011	Cornell University mulai membuat 3D <i>food printer</i>
2012	Rahang prostetik pertama dicetak dan ditanamkan
2013	Peneliti China mulai mencetak telinga, hati, dan ginjal dengan <i>living cells</i> dan sedang mengembangkan agar bisa mencetak organ yang berfungsi pada sekitar 10-20 tahun ke depan
2016	Lab Daniel Kelly bisa mencetak tulang 3D

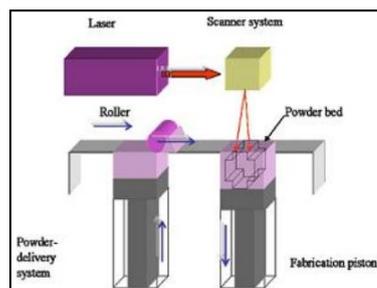
2.1.4 Teknik-Teknik *Three Dimension (3D) Printing*

Saat ini, ketersediaan beberapa teknik dan mesin cetak memungkinkan berbagai aplikasi 3D *printing* baik di bidang industri maupun kedokteran. Namun, pada kedokteran gigi metode pencetakan 3D yang paling umum digunakan adalah *Stereolithography (SLA)*, *Fused Deposition Modeling (FDM)*, *Selective Laser Sintering (SLS)*, dan *Digital Light Processing (DLP)* (Pillai; dkk. 2021).

1. *Selective Laser Sintering (SLS)*

Laser Sintering (juga dikenal sebagai LS atau SLS) membangun bagian yang kompleks langsung dari data CAD 3D melalui laser panas yang memadukan atau menyinterkan termoplastik bubuk. Mirip dengan teknologi 3D *printing* lainnya, ini memungkinkan konsolidasi sebagian dan geometri yang kompleks, namun LS cukup unik karena menghilangkan kebutuhan akan struktur pendukung. Bagian-bagian yang dibangun dengan LS dicetak dalam serbuk serba serba guna; kelebihan serbuk mudah terguncang selama *post-processing*. Ini adalah cara yang terjangkau untuk membangun bagian produksi yang tahan lama dalam volume rendah.

Selective Laser Sintering (SLS) dikembangkan dan dipatenkan oleh Dr. Carl Deckard dan penasihat akademis, Dr. Joe Beaman di *University of Texas* pada pertengahan 1980, di bawah sponsor DARPA. *Sintering Laser Selektif (SLS)* adalah teknik pencetakan 3D yang menggunakan laser sebagai sumber daya untuk menyinter bahan bubuk (kebanyakan logam), bertujuan laser pada titik-titik dalam ruang yang ditentukan oleh model 3D, mengikat bahan untuk membuat struktur yang solid. (Gambar 2.2 menunjukkan skema SLS) (Rusianto T, Saiful H, dan Hary W. 2019).

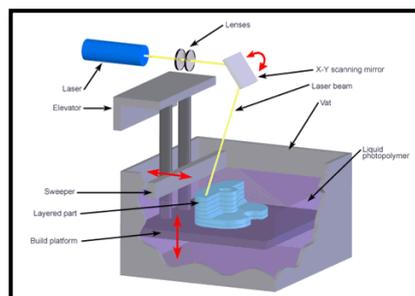


Gambar 2.2 Skema proses *Selective Laser Sintering (SLS)*
(Rusianto; dkk. 2019)

2. Stereolithography (SLA)

Stereolithography (SLA) adalah teknologi 3D *printing* awal dan banyak digunakan. Pencetakan 3D diciptakan dengan maksud memungkinkan para insinyur untuk membuat prototipe desain mereka sendiri dalam waktu yang lebih lama dan secara efektif. Teknologi ini pertama kali muncul pada awal tahun 1970.

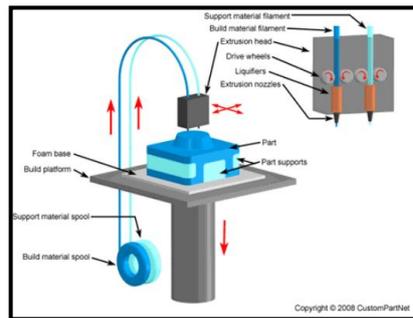
Stereolithography (SLA) adalah bentuk teknologi 3D *printing* yang digunakan untuk membuat model, prototipe, pola dalam mode lapis demi lapis menggunakan polimerisasi foto, suatu proses di mana cahaya menyebabkan rantai molekul saling terhubung, membentuk polimer. Polimer-polimer tersebut kemudian membentuk benda padat 3D. Penelitian di daerah tersebut telah dilakukan selama tahun 1970-an, tetapi istilah ini diciptakan oleh Charles Hull pada tahun 1986 ketika ia mematenkan proses tersebut. Dia kemudian mendirikan *3D Systems Inc.* untuk mengkomersialkan patennya. (Gambar 2.3 menunjukkan skema SLA) (Rusianto T, Saiful H, dan Harry W. 2019).



Gambar 2.3 Skema proses *Stereolithography* (SLA)
(Rusianto; dkk. 2019)

3. Fused Deposition Modelling (FDM)

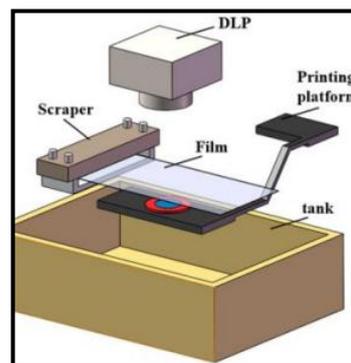
Fused Deposition Modeling (FDM) dikembangkan oleh S. Scott Crump pada akhir 1980-an dan dirancang pada 1990 oleh *Stratasys*. Setelah paten pada teknologi ini berakhir, sebuah komunitas pengembangan sumber terbuka lebar untuk dikembangkan dan varian komersial yang menggunakan jenis 3D *printer* ini bermunculan. Akibatnya, harga teknologi FDM telah turun dua kali lipat sejak penciptaannya. Dalam teknik ini, model diproduksi dengan mengekstrusi manik-manik kecil dari bahan yang mengeras untuk membentuk lapisan. (Gambar 2.4 menunjukkan skema FDM) (Rusianto T, Saiful H, dan Harry W. 2019).



Gambar 2.4 Skema proses *Fused Deposition Modelling* (FDM)
(Rusianto; dkk. 2019)

4. Digital Light Processing (DLP)

Digital Light Processing (DLP) adalah teknologi 3D *printing* yang sangat mirip dengan SLA, karena fotopolimer digunakan sebagai bahan cetak. Berbeda dari SLA, cahaya curing diproyeksikan pada seluruh lapisan, sedangkan teknik sebelumnya didasarkan pada sinar laser spot. Perbedaan ini menghasilkan prosedur yang lebih cepat untuk DLP (Gambar 2.5 menunjukkan skema DLP) (Scribante; dkk. 2022).



Gambar 2.5 Skema proses *Digital Light Processing* (DLP)
(Wang; dkk. 2021)

2.1.5 Peran *Three Dimension* (3D) *Printing* dibidang Kedokteran Gigi

1. *Three Dimension* (3D) *Printing* dalam Bedah Mulut dan Maksilofasial

Area kraniofasial dianggap sebagai zona estetik dan dapat dipengaruhi oleh trauma, tumor, kelainan kongenital, kelainan bentuk wajah, dan banyak penyakit serta keanehan lainnya. Bagaimanapun, regio maksilofasial secara anatomis dan fungsional kompleks dan diliputi oleh jaringan keras dan lunak yang dipersarafi banyak oleh saraf dan pembuluh darah.

Saat ini, banyak ahli bedah mulut menggunakan perencanaan virtual dan teknologi 3D *printing* untuk memberikan hasil perawatan dan pengobatan yang lebih baik kepada pasien. Menurut analisis sistematis oleh Jacobs dkk. (2017), empat kategori menggunakan 3D *printing* untuk operasi *craniomaxillofacial* pada pasien, yang meliputi *contour models (Type I)*, *surgical guides (Type II)*, *splints (Type III)* dan *implants (Type IV)*. Mengembangkan *contour models* adalah yang paling umum dan disebut model ruang positif karena melibatkan pencetakan langsung objek berdasarkan anatomi eksternal pasien berdasarkan pencitraan. Model ini dapat dikembangkan menggunakan printer internal dan karenanya lebih ekonomis dan menghemat waktu dalam keadaan darurat seperti patah tulang. Pencetakan 3D membantu dalam mengembangkan *surgical guides* dan plat rekonstruksi yang tepat dalam kasus di mana cangkok tulang autologus adalah pilihan utama perawatan untuk menggantikan struktur yang hilang. Panduan ini dirancang dan diproduksi menggunakan teknologi CAD/CAM dan dicetak 3D. *Type III* adalah *splints* yang digunakan dalam koreksi ortognatik, seperti pelurusan rahang dan oklusi. Ini adalah model ruang negatif yang lebih virtual; yaitu, mereka dibangun dengan merencanakan posisi dan orientasi masa depan tulang dan gigi secara virtual, membutuhkan pemodelan 3D tingkat lanjut untuk mendapatkan hasil akhir yang tepat. *Implants* termasuk dalam kategori *type IV* dan kurang umum dikembangkan sebagai objek 3D *print* karena tuntutan yang lebih besar dalam proses fabrikasi. *Implants* sangat spesifik dalam semua aspek, yaitu struktur, fungsional dan biologis. *Implants* digunakan dalam perbaikan tengkorak dan kondilus dan dalam rekonstruksi rahang untuk memberikan dukungan dan bentuk yang memadai (Pillai; dkk. 2021).

2. Three Dimension (3D) Printing dalam Edodontik dan Prostodonsia

Sejak akhir 80-an, beragam aplikasi teknik 3D *printing* telah merevolusi ruang lingkup kemungkinan desain untuk membuat restorasi baru, model gigi dan panduan bedah, meningkatkan tingkat keberhasilan operasi konvensional. Menggunakan template bedah yang dipandu CAD/CAM dalam bedah endodontik memungkinkan ahli bedah untuk menargetkan apeks akar, terutama pada gigi dengan anatomi bermasalah.

Restorasi menggunakan *crown and bridge* adalah salah satu prosedur klinis umum dalam prostodontik. Secara konvensional, *crown and bridge* dibuat menggunakan *lost-wax technique*, yang rentan terhadap kesalahan manusia. Maiddkk. (2017) melaporkan bahwa *milling* dan *additive manufacturing* menunjukkan hasil yang lebih akurat mengenai *marginal fit* dibandingkan dengan teknik manual. Selain itu, *crown* yang dicetak 3D memiliki *occlusal fit* yang paling akurat (Pillai; dkk. 2021).

3. Three Dimension (3D) Printing dalam Implantologi Gigi

Kehilangan gigi adalah masalah umum, dan perawatan pilihan yang disukai saat ini adalah implantasi gigi. Implan gigi ditempatkan di tulang rahang melalui prosedur pembedahan, dan diperkirakan akan melekat melalui osseointegrasi. Osseointegrasi adalah proses di mana oposisi tulang terjadi antara antarmuka tulang-implan. Proses osseointegrasi tergantung pada beberapa faktor, termasuk usia pasien, jenis kelamin, riwayat medis, perilaku merokok, dan dimensi implan. Tingkat kelangsungan hidup implan gigi relatif tinggi, meskipun kegagalan juga tidak jarang terjadi, sebagian besar terjadi pada orang tua dengan kondisi tulang yang dinegosiasikan. Penggunaan implan logam untuk menggantikan gigi yang hilang tersebar luas di kedokteran gigi (Pillai; dkk. 2021).

2.2 Metode Pembuatan Studi Model Three Dimension (3D) Printing

2.2.1 Computer Aided Desain (CAD)/Computer Aided Manufacture (CAM)

Computer Aided Desain (CAD) adalah *software* komputer untuk menggambar suatu produk atau bagian dari suatu produk. Produk yang ingin digambarkan bisa diwakili oleh garis-garis maupun simbol-simbol yang memiliki makna tertentu. CAD bisa berupa gambar 2D dan 3D (Setyoadi Y dan Khoiriya L. 2015). Sedangkan *Computer Aided Manufacture* (CAM) adalah penggunaan *software* komputer untuk mengontrol *tools* mesin ataupun bagian mesin lainnya yang berhubungan dengan proses permesinan. Dengan CAD, gambar 3D khusus dari gigi atau gigi dibuat dengan memindai secara digital. Pemindaian ini kemudian digunakan untuk menghasilkan desain virtual untuk perangkat restoratif, yang kemudian dikirim ke 3D *printer* yang terhubung secara digital.

2.2.2 Kelebihan dan Kekurangan *Computer Aided Desain (CAD)/Computer Aided Manufacture (CAM)*

Berikut ini merupakan keuntungan dan kerugian yang di dapatkan dalam menggunakan teknologi CAD/CAM :

1. Kelebihan metode CAD/CAM :

- a. Kualitas restorasi CAD/CAM tinggi dan memiliki tampilan alami.
- b. Pengukuran dan pembuatan desain yang tepat.
- c. Waktu pengerjaan lebih cepat.
- d. Dalam beberapa sistem *scanning* di lakukan di dalam mulut, sehingga tidak di perlu dibuatkan cetakan.
- e. Pengurangan tenaga kerja.
- f. Pasien sering mengalami iritasi, sensitifitas dan/atau kesulitan membersihkan gigi sementara. Namun, penggunaan teknologi ini memungkinkan invasi bakteri berkurang, penurunan tekanan pulpa akibat pembersihan berlebihan, pengeringan atau trauma, dan mengurangi kebutuhan untuk manipulasi gigi tambahan.
- g. Memindai gambar dan melihatnya di layar komputer memungkinkan dokter gigi untuk meninjau persiapannya dan impresi, dan segera lakukan penyesuaian pada persiapan dan/atau ulangi impresi jika diperlukan, sebelum dikirim ke unit *milling* atau laboratorium.
- h. Kesan digital juga berarti tidak memerlukan bahan cetak dan sendok cetak yang digunakan untuk mengatasi ketidaknyamanan pasien.
- i. Inovasi terbaru dalam sistem CAD/CAM memungkinkan oklusi dilihat dan dikembangkan secara dinamis (Prajapati A. 2014).

2. Kekurangan metode CAD/CAM :

- a. Biaya mahal. Biaya modal dari sistem ini cukup tinggi dan produksi skala besar yang cepat dari restorasi berkualitas baik diperlukan untuk mencapai kelayakan finansial.
- b. Dibutuhkan keahlian khusus untuk sistem CAD/CAM.
- c. Teknik *scan* yang *sensitive*.

- d. Panjangnya waktu pembelajaran, yang dapat berkisar dari beberapa hari hingga beberapa bulan dan dapat mengakibatkan hilangnya produktifitas klinik gigi dan hilangnya waktu perawatan pasien.
- e. Potensi tim dokter gigi untuk menolak penggunaan sistem dan kurangnya kepercayaan klinisi dalam menggunakan sistem komputerisasi.
- f. Mencocokkan warna gigi pasien dengan bahan yang digunakan untuk membuat restorasi dapat menjadi tantangan bagi dokter gigi.
- g. Beberapa sistem CAD/CAM bergantung pada penangkapan margin untuk digitalisasi, sehingga membuat pengambilan *margin subgingiva* menjadi sulit.
- h. CAD/CAM adalah teknologi yang semakin maju, sehingga selalu diperlukan adanya pembaruan dan peningkatan alat. Perangkat lunak yang ada tidak membutuhkan waktu lama untuk menjadi usang, sehingga perlu dipertanyakan berapa lama teknologi telah ada di pasar dan seberapa cepat revisi akan tersedia. Dengan demikian, dokter gigi mungkin perlu menganggarkan biaya bulanan untuk dukungan teknis dan peningkatan perangkat lunak (Prajapati A. 2014).

2.3 Bahan dalam Pembuatan Studi Model *Three Dimension (3D) Printing*

Bahan pembuatan studi model 3D *print* dengan teknologi SLA disebut dengan *photopolymer resin* yang terbuat dari campuran bahan kimia (Umar; dkk. 2021). *Photopolymer resin* adalah bahan polimer peka cahaya yang mengubah sifat mereka ketika terkena sinar Ultraviolet (UV). Sinar UV dapat mengubah keadaan mereka dari air seperti zat cair menjadi plastik padat seperti zat. Hanya area yang terkena sinar UV yang mengeras, sedangkan bagian yang tidak terpapar akan tetap seperti cairan. *Photopolymer resin* hanya dapat diubah dengan sumber cahaya (laser UV, lampu, sinar matahari, dll). Cahaya dari sumber-sumber ini memulai reaksi kimia yang mengubah strukturnya dan memodifikasi sifat kimia dan mekaniknya (Pandey R. 2014).

Bahan pembuatan model 3D *printing* yang di aplikasikan dalam kedokteran gigi, beserta keterangannya, yaitu: (1) *bio-compatible photopolymer resins* dapat

digunakan untuk *splint*, restorasi sementara, serta *gingiva mask* dan bahan polimer kaku dan dapat berubah bentuk yang disertifikasi untuk kontak dengan kulit dan jaringan mukosa selama waktu yang ditentukan. Bahan dan mesin yang dikhususkan untuk bidang kedokteran gigi tersedia dalam kategori ini. Tersedia dalam SLA. Bentuk monomer mereka biasanya cukup beracun meskipun resin yang dipolimerisasi dengan benar tidak. (2) *photopolymer resins* dapat digunakan untuk model serta panduan bedah castable dan bahan polimer kaku dan dapat dideformasi untuk digunakan dalam teknologi SLA. Berbagai macam sifat mekanik tersedia, tetapi biasanya tidak mungkin untuk mencapai kinerja mekanik yang tinggi (selain penggunaan material) diisi dengan bubuk keramik atau logam untuk disinter setelah pencetakan). (3) Co-Cr dan Titanium dapat digunakan untuk *Crowns, implants*, gigi tiruan sebagian, hyrax, lengkung lingual, serta lengkung transpalatal dan bahan tersebut kepadatannya tinggi (Co-Cr: 10 g/cm³; Titanium: 4,5 g/cm³), kekerasan (Vickers kekerasan Co-Cr: 550–800 MPa; Kekerasan Vickers Titanium: 830–3420 MPa) dan modulus elastisitas lebih tinggi dari struktur tulang (Co-Cr: 220 GPa; Titanium: 110 GPa; Tulang kortikal: 18–20 GPa; Tulang trabekula: 10–14 IPK). Bahan biokompatibel dan implan tersedia di mesin SLM/EBM. (4) *thermoplastic* bahan untuk printer FDM dapat digunakan untuk model dan ada beberapa macam, seperti *Polylactides (PLA)*, *Acrylonitrile Styrene Acrylate (ASA)*, *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*, dan *Thermoplastic Polyurethane (TPU)*. (5) *techno-polymers* untuk printer FDM atau SLS dapat digunakan untuk perlengkapan implan dan mempunyai bahan tersebut mempunyai PEEK yang memiliki ketahanan kimia sangat baik, biokompatibilitas, dan sifat mekanik yang baik dengan modulus muda yang sedikit lebih rendah dengan sehubungan dengan struktur tulang (Scribante; dkk. 2022).

2.4 Prosedur Pembuatan Studi Model *Three Dimension (3D) Printing*

Langkah-langkah pembuatan studi model menggunakan *3D printing* adalah sebagai berikut:

2.4.1 Scanning

Scanner (digital impression) merupakan alat yang mengumpulkan data dengan mengukur 3D model gigi, rahang dan gigi lalu mengubahnya menjadi data digital. *Scanning* terdapat dua macam, yaitu *scanning extraoral* dan *scanning intraoral*. *Scanning extraoral* prosedurnya dikerjakan diluar rongga mulut pasien. Sedangkan *scanning intraoral* menangkap data digital secara langsung dari mulut pasien. Dikembangkannya sistem *scanning intraoral* untuk *digital intraoral impression* memungkinkan klinisi untuk memperoleh data dari mulut pasien tanpa harus membuat cetakan konvensional dan melakukan pengecoran cetakan.

Cara *scanning extraoral*, yaitu mempersiapkan model gigi, penempatan model pada *removable object holder*, kemudian proses *scanning*. Cara *scanning intraoral*, yaitu dokter gigi akan memasukkan *removable object holder* kedalam mulut pasien dan dengan lembut memindahkannya ke area permukaan gigi. *Removable object holder* otomatis menangkap ukuran dan bentuk setiap gigi. Hanya perlu waktu satu atau dua menit untuk *scanning* dan sistem akan mampu menghasilkan tayangan digital yang detail.

2.4.2 Desain CAD

Model cetak 3D dapat dibuat dengan bantuan desain CAD (Rusianto T, Saiful H, dan Hary W. 2019). Pembuatan studi model 3D dari data *scanning* diproses menjadi studi model 3D dimulai dengan memasukan file *scanning* ke 3D *slicer* yaitu *exocad* (Rozaqi; dkk. 2020).

Exocad merupakan *software* CAD dengan pengoperasiannya yang cepat, kemudahan penggunaannya, dan produktivitas yang maksimal. Teknologi ini, digunakan di laboratorium gigi dan klinik gigi gigi, dapat diterapkan pada *inlay*, *onlay* dan *veneer*, *models*, *implant*, *crown/copping*, *pontics*, serta *bridge* (Utomo; dkk. 2020). *Chitubox* adalah *software* pra-proses pencetakan model 3D yang banyak digunakan dalam kedokteran gigi, elektronik, model karakter, sepatu, perhiasan, dan lainnya.

2.4.3 Printing

Studi model yang di siapkan menggunakan teknologi 3D *printing* memiliki banyak keunggulan, termasuk bobot yang lebih ringan, kemungkinan kerusakan

yang lebih rendah pada sebagian besar bahan, daya tahan yang lebih baik, ketahanan aus yang lebih tinggi, dan pembagian data secara digital (Tian; dkk. 2021.)

Printer 3D mengikuti instruksi file STL untuk meletakkan lapisan berturut-turut dari bahan *photopolymer resin* untuk membangun model dari serangkaian penampang model. Lapisan-lapisan yang sesuai dengan penampang virtual dari model CAD, bergabung atau menyatu untuk membuat bentuk akhir model (Rusianto T, Saiful H, dan Hary W. 2019).

2.4.4 Finishing

Hasil dari *3D printing* dilakukan proses *curing* dengan menggunakan alat solidilite V. Solidilite V adalah *light curing unit* yang di aktifkan menggunakan tangan yang mudah di operasikan bersamaan dengan kipas (Anggraini; dkk. 2019). Proses menyusun letak *sprue* secara otomatis dilakukan di *software chitubox*. Setelah selesai proses *light curing* dilakukannya proses *cutting sprue* menggunakan tang potong.