

PEMBUATAN *CLEAR RETAINER* ORTHODONTI MENGUNAKAN METODE 3D *PRINTING*

TUGAS AKHIR



Oleh :

**CANTIKA MILLENIA PUTRI KHASNAU
151910513050**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK GIGI
DEPARTEMEN KESEHATAN
FAKULTAS VOKASI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2022**

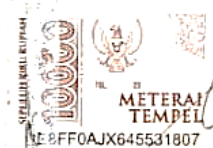
HALAMAN PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Bagian atau keseluruhan isi Tugas Akhir ini tidak pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademis pada bidang studi dan / atau Universitas lain dan tidak pernah dipublikasikan / ditulis oleh individu selain penyusun, kecuali bila dituliskan dengan format dalam isi Tugas Akhir.

Apabila ditemukan bukti bahwa pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku di Universitas Airlangga.

Surabaya, Juni 2022

Penulis,



Cantika Millenia Putri Khasnau

NIM. 151910513050

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**PEMBUATAN *CLEAR RETAINER* ORTHODONTI MENGGUNAKAN
METODE 3D *PRINTING*
TUGAS AKHIR**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya
Bidang Teknik Gigi
Pada Departemen Kesehatan Fakultas Vokasi
Universitas Airlangga

Oleh :
Cantika Millennia Putri Khasnau
NIM. 151910513050

Disetujui oleh

Pembimbing

Pembimbing Utama



Rr. Dwiyantri Feriana Ratwita drg., M.Kes.
NIP. 196202261988102001

Pembimbing Serta



Sri Wahjuni drg., M.Kes
NIP. 195812051986012001

LEMBAR PENGESAHAN PANITIA PENGUJI

Tugas Akhir ini Telah Diujikan dan Disahkan Dihadapan Komisi Penguji

Program Studi : DIII Teknik Gigi

Departemen : Kesehatan

Fakultas : Vokasi Universitas Airlangga

Hari/Tanggal : Rabu, 6 Juli 2022

Pukul : 10.00 – 11.00

Tempat : Ruang Praktikum DIII Teknik Gigi Universitas Airlangga

Panitia Penguji terdiri dari :

Ketua Penguji



Dr. Sianiwati Goenharto drg., M. S.
NIP. 196112121986012001

Pembimbing Utama



Rr. Dwiyanti Feriana Ratwita drg., M. Kes.
NIP. 196202261988102001

Pembimbing Serta



Sri Wahjuni drg., M. Kes
NIP. 195812051986012001

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen tugas akhir ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

Penulis,

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pembuatan *Clear Retainer* Orthodonti Menggunakan Metode *3D Printing*” dengan baik dan tepat waktu.

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu ucapan terima kasih penulis tujukan diantaranya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Yusron Hanief dan Ibu Himawati yang telah memberikan doa, motivasi, dukungan finansial, serta kasih sayang sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir Ini.
3. Prof. Dr. Anwar Ma'ruf drh., M.Kes. selaku Dekan Fakultas Vokasi Universitas Airlangga
4. Dr. Sianiwati Goenharto drg., M. S. selaku Ketua Departemen Kesehatan Fakultas Vokasi Universitas Airlangga
5. Sri Redjeki Indiani, drg., M. Kes. selaku Koordinator Program Studi DIII Teknik Gigi Universitas Airlangga
6. Rr. Dwiyanti Feriana Ratwita drg., M.Kes. selaku dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan, dan semangat dalam penyusunan Tugas Akhir ini

7. Sri Wahjuni, drg., M. Kes. selaku dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan, dan semangat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Seluruh dosen pengajar dan tenaga kependidikan DIII Teknik Gigi Fakultas Vokasi Universitas Airlangga yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis.
9. Saudara penulis, Mbak Putri, Mas Fariz, Mbak Dinda, dan Dik Joeang yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan candaan disela-sela pembuatan tugas akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dari studi ini. Bibi penulis, Lukluk Istiana atas dukungan dan beasiswa yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan rangkaian kegiatan perkuliahan dan dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Para sahabat penulis, Leoni, Ayu, Mala, Selfita, Dije, dan Freza, atas dukungan, candaan, motivasi, dan bantuan dalam proses penyelesaian sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak terutama di Program Studi DIII Teknik Gigi Fakultas Vokasi Universitas Airlangga.

**PEMBUATAN *CLEAR RETAINER* ORTHODONTI MENGGUNAKAN
METODE 3D PRINTING**

ABSTRAK

Latar belakang: Setelah perawatan ortodonti selesai, hasil perawatan perlu dipertahankan agar tidak kembali ke posisi semula dengan memakai peranti retensi. *Clear retainer* cukup efektif untuk mempertahankan posisi apikal gigi insisif dan gigi rotasi yang sudah terkoreksi. Saat ini, alur kerja untuk membuat satu set *Clear retainer* dimulai dengan perangkat lunak perencanaan virtual dibuat menggunakan pencetakan 3D. **Tujuan:** Untuk mengetahui cara pembuatan *clear retainer* menggunakan 3D printing. **Tinjauan pustaka:** Retensi merupakan aspek yang paling penting karena merupakan fase perawatan yang digunakan untuk menjaga gigi di posisi yang baik setelah perawatan ortodonti. Retensi dengan jenis *clear retainer* cukup efektif untuk mempertahankan posisi apikal gigi insisif dan gigi rotasi yang sudah terkoreksi. Saat ini, alur kerja untuk membuat satu set *clear retainer* dimulai dengan perangkat lunak perencanaan virtual dibuat menggunakan pencetakan 3D. **Kesimpulan:** Tahapan pembuatan *clear retainer* menggunakan metode 3D Printing dimulai dari melakukan *scanning* dan *design* pada *software* dalam bentuk STL, dilakukan persiapan dengan memberi titik dukungan pada permukaan non-oklusal, proses pencetakan menggunakan 3D printing dengan material *clear resin (Dental LT)*, pasca-proses dilakukan pembersihan retainer menggunakan alkohol isopropyl 91% selama 20 menit dan penyangga dilepaskan dari retainer.

Kata kunci: *clear retainer, 3D printing, clear resin*

**MAKING OF ORTHODONTIC CLEAR RETAINER USING 3D PRINTING
METHOD**

ABSTRACT

Background: After orthodontic treatment is completed, the results of the treatment need to be maintained so that it does not return to its original position by using a retention device. Clear retainers were effective in maintaining the apical position of the corrected incisors and rotational teeth. Currently, the workflow for creating a set of clear retainers starts with virtual planning software created using 3D printing.

Purpose: To find out the fabrication steps of clear retainer using 3D printing.

Literature review: Retention is the most important aspect because it is the treatment phase used to maintain a good position after orthodontic treatment. Retention with a clear retainer is effective enough to maintain the apical position of the corrected incisors and rotational teeth. Currently, the workflow for creating a set of clear retainers starts with virtual planning software created using 3D printing. **Conclusion:** The stages of making a clear retainer using the 3D Printing method start from scanning and design on the software in the form of STL, preparation is carried out by providing support points on non-occlusal surfaces, the printing process uses 3D printing with clear resin material (Dental LT), post- the process was carried out to repair the retainer using 91% isopropyl alcohol for 20 minutes and a buffer from the retainer.

Keywords: clear retainer, 3D printing, clear resin

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iv
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Clear Retainer	5
2.2 3D Printing	6
2.3 <i>Clear resin (Dental LT)</i>	10
2.4 Tahap Pembuatan Clear Retainer Menggunakan 3D Printing	12
BAB III PEMBAHASAN	18
BAB IV PENUTUP	24
4.1 Kesimpulan.....	24
4.2 Saran	24

DAFTAR PUSTAKA	25
----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hasil scanning	12
Gambar 2. 2 (A) tampak depan (B) pandangan oklusal.....	12
Gambar 2. 3 Membuat batas undercut	13
Gambar 2. 4 Membuat garis penyisipan dan margin retainer ditarik	13
Gambar 2. 5 Design retainer virtual ketika diberi ketebalan.....	13
Gambar 2. 6 Penambahan titik dukung non oklusal.	14
Gambar 2. 7 Design retainer digital yang sudah jadi sebelum dikirim ke printer 3D	14
Gambar 2. 8 Tata letak retainer yang dirancang sebelum dicetak.....	14
Gambar 2. 9 Retainer tercetak untuk model saat masih terhubung ke platform pencetakan(A). Retainer tercetak untuk model setelah melepas platform pencetakan dari printer (B).....	15
Gambar 2. 10 (A) Retainer yang dicetak mengering setelah dibilas dalam 91% isopropil alkohol. (B) Retainer di ruang curing untuk menyelesaikan pasca- pemrosesan	16
Gambar 2. 11 (A) Hasil cetak dilepas dari building platform. (B) Penyangga clear retainer dilepas.....	16
Gambar 2. 12 Hasil akhir 3D printing Clear retainer	17

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, permintaan perawatan ortodontik mengalami peningkatan permintaan untuk peralatan yang lebih estetik dan lebih nyaman daripada peralatan cekat konvensional (Weir, 2017). *Clear retainer* diperkenalkan di Amerika Serikat pada akhir 1990-an oleh perusahaan *Align Technology*® (Santa Clara, CA, USA), yang kemudian menghidupkan sistem *Invisalign*®, dan kemudian didistribusikan di Italia dan negara-negara Eropa lainnya mulai tahun 2001. Sejak itu, minat pada *clear retainer* meningkat secara eksponensial (Putrino et al., 2021).

Seperti pada sistem peralatan cekat, istilah *Clear Retainer Therapy* (CAT) mencakup berbagai peralatan dengan mode aksi yang berbeda, metode konstruksi, dan penerapan untuk berbagai perawatan maloklusi (Weir, 2017). Setelah perawatan ortodonti selesai, hasil perawatan perlu dipertahankan agar tidak kembali ke posisi semula dengan memakai peranti retensi (Goenhartha dan Rusdiana, 2015).

Akan tetapi pasien terkadang merasa bahwa perawatan telah selesai ketika peranti dilepas. Namun, gigi mungkin masih dalam posisi belum stabil sehingga tekanan dari jaringan lunak di sekitarnya yang terus menerus dapat menghasilkan kecenderungan terjadinya relaps (Proffit dan Fields, 2013). Menurut Herlianti I. (2012) relaps lebih baik diartikan sebagai perubahan apapun dari posisi akhir gigi setelah perawatan. Fase retensi biasanya diperlukan karena gigi cenderung memiliki sifat kembali ke posisi sebelumnya. Oleh karena itu, retensi dengan jenis *clear retainer* cukup efektif untuk

mempertahankan posisi apikal gigi insisif dan gigi rotasi yang sudah terkoreksi (Edrizal dkk., 2021).

Beberapa *clear retainer* dibentuk secara vakum (Weir, 2017). Salah satu hasil negatif dari proses termoplastik yang telah dilaporkan adalah bahwa ada perubahan signifikan dalam sifat material sebagai respons terhadap kenaikan panas yang digunakan untuk membentuk material di sekitar gigi (Tartaglia et al., 2021). Adapun setelah proses vakum pada proses termoplastik menunjukkan bahwa tindakan *thermoforming* mempengaruhi transparansi bahan, mengurangi dan meningkatkan sifat penyerapan air sehingga air yang terserap dapat mengubah kekerasan permukaan beberapa plastik. Proses *thermoforming* juga dapat mengurangi ketebalan plastik retainer dibandingkan dengan ketebalan asli plastik sebelum dilakukan proses *thermoforming* (Maspero & Tartaglia, 2020).

Pada tahun 1986, Charles Hull memperkenalkan teknologi *3D Printing* pertama, dan industri mengembangkan banyak teknologi manufaktur yang berbeda, yang telah diterapkan ke berbagai bidang. Di bidang kedokteran gigi ortodontik, *3D Printing* sangat dianjurkan karena (Shaikh et al., 2021) memungkinkan pembuatan model gigi yang dipersonalisasi dari setiap langkah dengan efisiensi dan presisi tinggi (Yu et al., 2022). Desain dengan bantuan komputer dan pencetakan 3D membuka kemungkinan baru dalam ortodontik untuk memproduksi retainer lepasan dan dapat disesuaikan (Rusianto & Huda, 2019).

Baru-baru ini, *computed tomography cone-beam* diintegrasikan dengan kekuatan pencetakan 3D untuk membuat retainer yang mirip dengan retainer bentuk

vakum (Nasef dkk., 2014). Penggunaan teknologi ini menghilangkan kebutuhan akan pengambilan cetakan gigi pasien sehingga waktu yang dibutuhkan lebih sedikit. Tidak seperti teknik lainnya, metode ini menggunakan perangkat lunak sederhana yang dapat dibuat khusus untuk membuat peralatan virtual dengan teknologi yang canggih (Al Mortadi dkk., 2012).

Teknik 3D *printing* membuat retainer secara akurat pada gigi pasien tanpa dilakukan pencetakan pada pasien. Metode baru untuk membuat retainer cetak 3D ini akurat dan handal dibandingkan dengan vakum konvensional. Pencetakan 3D terbukti efisien untuk fabrikasi peralatan digital yang dibuat khusus dan memiliki potensi untuk masa depan ortodontik digital. Menggunakan perangkat lunak 3D yang tersedia untuk membuat model gigi secara virtual yang kemudian membuat retainer secara mudah sehingga dapat dilakukan penyesuaian yang kecil sekalipun (Nasef *et al.*, 2017).

Berbagai bahan dapat diterapkan untuk mencetak objek dengan printer 3D yang berbeda, termasuk gips, paduan logam, kaca, serat karbon, resin biokompatibel, sel hidup, dan jaringan. Beberapa bahan yang disebutkan di atas telah digunakan dalam kedokteran gigi dan ortodontik (Bartkowiak & Walkowiak-Śliziuk, 2018).

Ada beberapa *clear resin* yang digunakan untuk pencetakan 3D peralatan dalam kedokteran gigi (Maspero & Tartaglia, 2020). Salah satu sifat mekanik penting dari resin adalah kekerasannya, yang menjelaskan kapasitasnya untuk menahan keausan dan deformasi. *Clear Resin (Dental LT)* memiliki komposisi *Methacrylic oligomer*; *Glycol Methacrylate*; *Phosphine oxide*; *Pentamethyl-piperidy sebacate* (Vasques *et al.*, 2019). *Clear Resin (Dental LT)* adalah bahan biokompatibel Kelas IIa yang disetujui

dengan ketahanan tinggi terhadap patah dan sangat ideal untuk *splint gnatologis*, retainer gigi, dan peralatan ortodontik cetak langsung yang rigid (Tartaglia et al., 2021).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang teruraikan di atas maka dapat ditarik pertanyaan yaitu, bagaimana pembuatan *Clear retainer* menggunakan metode 3D printing?

1.3 Tujuan Penelitian

Pada penulisan tugas akhir ini memiliki tujuan untuk mengetahui prosedur pembuatan *clear retainer* orthodonti dengan menggunakan teknologi 3D printing.

1.4 Manfaat Penelitian

Untuk menambah wawasan, pengetahuan dan dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa teknik gigi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Clear Retainer

Clear retainer pertama dikembangkan sebagai alat untuk tahap akhir perawatan ortodontik (Tartaglia et al., 2021). *Clear retainer* adalah retainer lepas pasang yang populer di masa sekarang. Dibandingkan dengan retainer ortodontik cekat dan lepasan konvensional, *Clear retainer* adalah alat yang lebih estetik, nyaman, dan murah. (Chaimongkol, 2017).

Clear retainer dibuat melingkupi keseluruhan lengkung geligi. Umumnya peranti ini dibuat dari selembat bahan semacam plastik yang dipanaskan dan dipres pada permukaan model kerja. Retensi didapat dari undercut di bawah titik kontak (Goenhartha dkk, 2017). Kelebihan peranti ini yaitu estetik, cocok digunakan dalam jangka panjang sebab retensi di waktu siang tidak berdampak buruk pada pengucapan (Garisi dan Susilowati., 2018).

Menurut Herlianti I. (2013), retensi adalah mempertahankan gigi yang baru digerakkan pada posisinya cukup lama untuk dapat menstabilisasi koreksinya. Pada dasarnya retensi mencegah terjadinya relaps atau dengan kata lain mencegah gigi kembali ke posisi awal dari maloklusi. Relaps lebih baik diartikan sebagai perubahan apapun dari posisi akhir gigi setelah perawatan. Berbagai macam penyebab telah diduga sebagai etiologi terjadinya relaps setelah perawatan orthodonti dapat dicegah dengan penggunaan retainer.

Pasien terkadang merasa bahwa perawatan telah selesai ketika peranti dilepas. Namun, gigi mungkin masih dalam posisi belum stabil sehingga tekanan dari jaringan lunak di sekitarnya terus menerus dapat menghasilkan kecenderungan terjadinya relaps (Proffit dan Fields, 2013).

Fase retensi biasanya diperlukan karena gigi cenderung memiliki sifat kembali ke posisi sebelumnya. Dalam bidang ortodonti, retensi merupakan aspek yang paling penting karena merupakan fase perawatan yang digunakan untuk menjaga gigi di posisi yang baik setelah perawatan ortodonti (Goenharto dkk, 2017).

Oleh karena itu, setelah perawatan ortodonti selesai, hasil perawatan perlu dipertahankan agar tidak kembali ke posisi semula dengan memakai peranti retensi (Goenharto dan Rusdiana, 2015). Retensi dengan jenis *Clear retainer* cukup efektif untuk mempertahankan posisi apikal gigi insisif dan gigi rotasi yang sudah terkoreksi. Peranti dibuat melingkupi keseluruhan lengkung geligi (Edrizal dkk., 2021). Saat ini, alur kerja untuk membuat satu set *Clear retainer* dimulai dengan perangkat lunak perencanaan virtual. Dibuat menggunakan pencetakan 3D (Beldiman et al., 2021).

2.2 3D Printing

Unit tingkat industri pertama untuk manufaktur aditif (biasa disebut 3D *printing*) muncul di pasaran pada awal 1980-an. Pelopor pencetakan 3D termasuk Charles W. Hull (pendiri Sistem 3D), S. Scott Crump (pendiri Stratasys), dan Hans J. Langer dan Hans Steinbichler (pendiri EOS).

Pada tahun 2009, 3D *printing* mulai membuat terobosan besar ke sektor konsumen. Dinamika ini akhirnya terbawa ke sektor kedokteran gigi. Unit pencetakan

menjadi lebih kecil dan lebih murah, dan bidang aplikasinya berubah. Kisaran bahan cetak diperluas untuk mencakup plastik, logam, keramik, dan bahkan jaringan manusia. Proses *rapid-prototyping* atau pencetakan model dapat dikategorikan berdasarkan jenis bahan yang digunakan (plastik, logam, atau bubuk) (Schweiger et al., 2021).

3D Printing(3D), umumnya dikenal sebagai manufaktur aditif, adalah teknologi menjanjikan yang dapat membuat bentuk kompleks tiga dimensi langsung dari model desain berbantuan komputer (CAD) tanpa campur tangan manusia melalui pencetakan lapis demi lapis (Tay et al., 2016).

Teknologi pencetakan 3D adalah teknologi interdisipliner yang meliputi mesin, teknik komputer, kontrol numerik, teknologi material. Biasanya, proses pencetakan 3D terdiri dari tiga langkah: pertama, desain model 3D oleh perangkat lunak pemodelan komputer; kedua, model 3D dipotong-potong; diakhiri dengan mencetak model lapis demi lapis (Quan et al., 2020). Menurut Shaikh *et al.* (2021), teknik yang dapat digunakan dalam pembuatan *appliance* dan retainer yaitu *Stereolithography* (SLA), *Digital Light Processing* (DLP), *Fused Deposition Modeling* (FDM), dan *Selective Laser Sintering* (SLS).

Menurut Bartkowiak & Walkowiak-Śliziuk (2018) dalam metode *Stereolithography* (SLA), penampang pencetak model (*platform building*) direndam dalam resin cair dan resin dipolimerisasi oleh sumber laser. Lapisan tunggal dari objek dicetak secara selektif, *dicuring* oleh sinar laser ultraviolet yang memulai ikatan silang polimer dan dengan demikian memadatkan material. Setelah menyelesaikan satu lapisan, penampang pencetak model (*platform building*) diturunkan, dan lapisan

lainnya ditambahkan ke lapisan sebelumnya dan sintering berlanjut hingga pencetakan objek selesai. Teknologi pencetakan 3D pertama dan paling mapan adalah stereolitografi (SLA) yang terdiri dari rendaman resin fotosensitif, platform pembuatan model, dan laser ultraviolet untuk proses *curing* resin (Cole, 2018).

Keuntungan *Stereolithography* (SLA) dapat menghasilkan kualitas dan resolusi tinggi dari objek yang dicetak. Ketebalan lapisan yang rendah merupakan faktor penting dalam memastikan permukaan yang halus dari objek yang dicetak tanpa menghasilkan efek tangga pada permukaan bagian yang memberikan persepsi tangga, akibat ketidakakuratan dalam mengikat lapisan yang berdekatan. *Stereolithography* telah dilaporkan digunakan dalam pembuatan panduan bedah dalam implantologi gigi. Dalam bidang ortodontik, teknologi yang telah diterapkan untuk pembuatan antara lain model gigi ortodontik.

Menurut Quan (2020), SLA adalah satu-satunya teknik pencetakan 3D *printing* yang dapat mencetak model ukuran besar. Keakuratan teknik SLA cukup baik untuk mencetak objek dengan struktur yang kompleks dan ukuran yang halus. Hingga saat ini, SLA masih merupakan teknik pencetakan yang penting dan dapat digunakan di berbagai bidang, seperti kedokteran gigi, mainan, cetakan, otomotif, dan sebagainya.

Digital light processing (DLP) mirip dengan stereolitografi dan menggunakan fotopolimer sebagai bahan cetak. *Photopolymer* dicuring dengan cahaya menggunakan perangkat *digital micromirror device*/DMD. Perbedaan utama dengan stereolitografi adalah cahaya diproyeksikan pada seluruh lapisan, sedangkan stereolitografi menggunakan sinar laser spot. DLP memungkinkan pencetakan lebih cepat daripada

stereolitografi (Bartkowiak & Walkowiak-Śliziuk, 2018). Menurut Quan (2020), teknologi pencetakan 3D DLP memiliki presisi tinggi. Namun, untuk menjamin presisi tinggi, ukuran proyeksi dibatasi. Oleh karena itu, pencetakan 3D DLP hanya dapat mencetak objek berukuran kecil. Selain itu printer 3D DLP sangat mahal.

Fused Deposition Modelling/Fused Filament Fabrication (FDM/FFF) adalah metode pencetakan 3D *printing* yang paling umum digunakan di seluruh dunia. Teknologi ini menggunakan bahan termoplastik untuk membuat objek solid. Bahan termoplastik dipanaskan sampai suhu leleh tercapai, yang diikuti dengan pengendapan bahan meleleh melalui kepala ekstrusi oleh printer dalam pola tertentu, menciptakan satu lapisan objek. Bahan diterapkan lapis demi lapis kemudian menyatu bersama saat bahan mengeras. Kerugian dan keterbatasan tertentu dari teknologi ini disebabkan oleh penyusutan material selama pengerasan, kebutuhan untuk menggunakan material dengan sifat termal dan viskoplastik yang memadai (Quan et al., 2020).

Selective Laser Sintering (SLS) menggunakan bahan bubuk untuk mencetak objek 3D. Sinar laser CO² berenergi tinggi digunakan untuk memanaskan bubuk di atas suhu transisi gelas (suhu dimana suatu polimer mengalami perubahan dari liquid menjadi bentuk solid) dalam pola tertentu, dan dengan demikian menyatukan partikel. Setelah menyelesaikan satu lapisan, *building platform* printer diturunkan, lapisan bubuk lainnya ditambahkan ke lapisan sebelumnya dan sinterring berlanjut hingga pencetakan objek selesai. SLS tidak memerlukan struktur pendukung apa pun untuk digabungkan ke dalam desain karena partikel bubuk yang tidak terikat sebagian disinter (Quan et al., 2020).

Dengan munculnya *3D Printing*, retainer dapat digunakan untuk koreksi gigi yang berjejal, memungkinkan pembuatan berbagai perangkat ortodontik seperti pelindung mulut, retainer, ekspansi, peralatan *sleep apnea*, dll.; memberikan adaptasi intraoral yang lebih baik (Shaikh et al., 2021)

Teknologi *3D printing* dapat digunakan dalam ortodontik untuk membuat model gigi pasien. Model tercetak telah dilaporkan dan dapat digunakan untuk memproduksi peranti ortodontik lepasan, peranti ekspansi, atau aligner ortodontik termoformable (Bartkowiak & Walkowiak-Śliziuk, 2018).

2.3 Clear resin (Dental LT)

Pada awal 2018 EnvisionTEC (EnvisionTEC Inc., Dearborn, MI, USA) mengumumkan peluncuran komersial E-Ortholign, bahan inovatif untuk pencetakan 3D langsung dari retainer bening (Maspero & Tartaglia, 2020).

Mengutip dari Maspero & Tartaglia (2020), Jindal et al., melaporkan *Clear retainer* setebal 0,75 mm yang berhasil dicetak 3D menggunakan *clear resin* (Dental LT) dan membandingkan sifat mekanis dan geometrisnya dengan pelurus gigi *thermoformed* konvensional yang dibuat dari plastik Duran.

Clear retainer berbasis resin cetak 3D lebih cocok untuk digunakan pasien karena secara geometris lebih akurat; selain itu, mereka dapat menahan beban yang lebih maksimum dan dapat berubah bentuk secara elastis (Maspero & Tartaglia, 2020).

Salah satu sifat mekanik penting dari resin adalah kekerasannya, yang menjelaskan kapasitasnya untuk menahan keausan dan deformasi. *Clear resin (Dental LT)* memiliki komposisi Methacrylic oligomer; Glycol Methacrylate; Phosphine oxide;

Pentamethyl-piperidy sebacate, telah digunakan untuk memverifikasi kelayakan printer 3D dalam pembuatan peralatan gigi (Vasques et al., 2019).

Clear resin (Dental LT) adalah bahan biokompatibel Kelas IIa yang disetujui dengan ketahanan tinggi terhadap patah dan sangat ideal untuk splint gnatologis, retainer gigi, dan peralatan ortodontik cetak langsung yang rigid lainnya yang fungsional (Tartaglia et al., 2021). Menurut Yaneva *et al.* (2015), secara umum, kelas I dikaitkan dengan risiko kesehatan yang rendah, dan kelas III membawa risiko tertinggi. Bahan kedokteran gigi biasanya diklasifikasikan dalam kelas IIa; pengecualian termasuk implan gigi (kelas IIb) dan bahan pengisi saluran akar yang mengandung bahan aktif farmasi (kelas III).

Bahan ini adalah fotopolimer biokompatibel dan transparan, diformulasikan oleh formlabs untuk teknologi SLA, dan dirancang khusus untuk pembuatan splint dan retainer gigi dengan mesin Form 2 (Barone et al., 2019).

Resin fotopolimer adalah formulasi cair yang memulai reaksi ikatan silang pada paparan panjang gelombang cahaya tertentu. Formulasi resin fotopolimer umumnya terdiri dari satu atau lebih komponen monomer/oligomer, pengencer, fotoinisiator, dan penyerap UV. Monomer/oligomer adalah komponen utama dari formulasi resin yang mengalami cross-linking dan memberikan sifat mekanik dan material lainnya secara keseluruhan ke resin yang diawetkan. Pengencer ditambahkan untuk mengurangi viskositas. Fotoinisiator memulai reaksi dengan menghasilkan radikal bebas saat terpapar cahaya, sedangkan penyerap UV menghambat pengerasan berlebihan di luar dimensi voxel yang terpapar (Shah et al., 2021).

Clear resin (Dental LT) telah ditemukan sebanding dengan bahan termoplastik Duran dan Durasoft (Scheu-Dental GmbH, Iserlohn, Jerman) di bawah tekanan mekanis gaya tekan non-linier yang setara dengan siklus gigitan manusia, ini berarti bahwa pencetakan langsung 3D memiliki kekuatan mekanik yang cukup untuk menahan beban eksternal tanpa penurunan kinerja klinis (Shah et al., 2021).

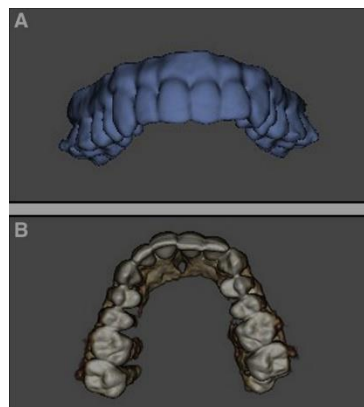
2.4 Tahap Pembuatan Clear Retainer Menggunakan 3D Printing

1. *Scanning dan design*

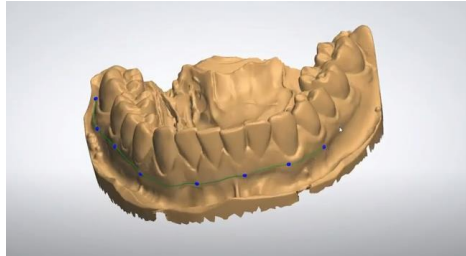
Model dipindai secara digital menggunakan pemindai 3Shape Trios dan diekspor ke perangkat lunak 3Shape. Kemudian regio yang diinginkan (gigi rahang atas atau rahang bawah) dipotong dari seluruh tengkorak 3D (Nasef A.A dkk., 2014).



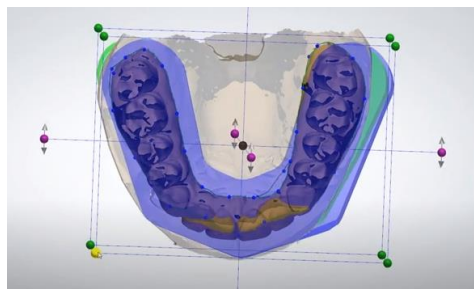
Gambar 2. 1 Hasil scanning (Nasef A.A dkk., 2014)



Gambar 2. 2 (A) tampak depan (B) pandangan oklusal (Nasef A.A dkk., 2014).

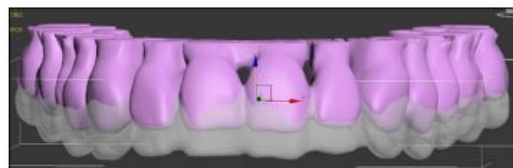


Gambar 2. 3 Membuat batas undercut (Whip Mix Corporation, 2018)



Gambar 2. 4 Membuat garis penyisipan dan margin retainer ditarik (Whip Mix Corporation, 2018)

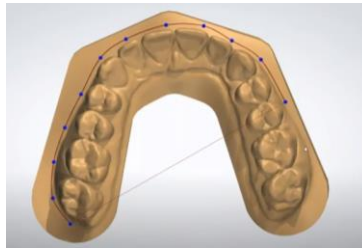
Kemudian membatasi undercut, garis penyisipan ditetapkan dan margin retainer ditarik. Ketebalan retainer diatur ke 0.75mm dan "offset" diatur ke 0.25mm (Cole, 2018). Setelah semua penahan digital telah dirancang, file diimpor ke PreForm™ (FormLabs Inc.; Somerville, MA), perangkat lunak Formlabs untuk menyiapkan model untuk pencetakan 3D dalam bentuk format ".STL" (Cole, 2018).



Gambar 2. 5 Retainer virtual ketika diberi ketebalan (Nasef A.A dkk., 2014)

3. Persiapan

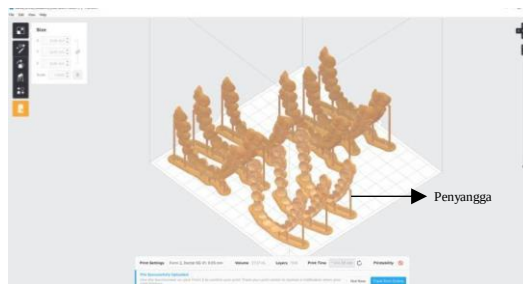
Titik dukungan ditambahkan ke permukaan non-oklusal untuk mempertahankan kecocokan yang akurat (Cole, 2018). Kemudian file retainer yang telah diselesaikan dikirim ke printer 3D Form 2(Sierningstrasse, 2011).



Gambar 2. 6 Penambahan titik dukung non oklusal (Whip Mix Corporation, 2018).



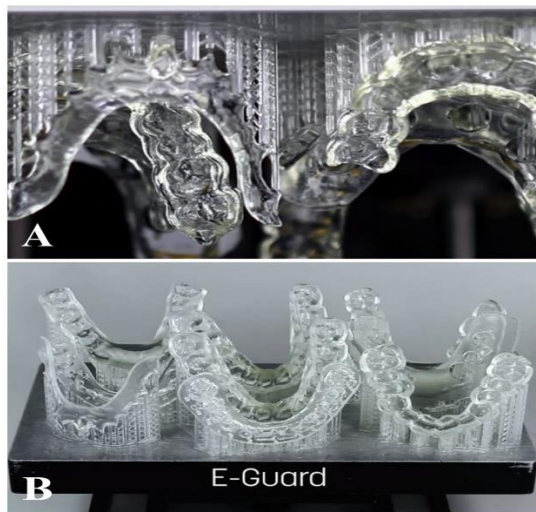
Gambar 2. 7 Design retainer digital yang sudah jadi sebelum dikirim ke printer 3D (Nasef A.A dkk., 2014).



Gambar 2. 8 Tata letak retainer yang dirancang sebelum dicetak (Cole, 2018).

4. Proses Pencetakan

Clear resin (Dental LT) pada resolusi 100 μ m dituang ke dalam reservoir 3D Printing (Cole, 2018). Ketika mesin telah menyelesaikan programnya, penampang cetakan (*platform building*) dilepaskan dari mesin. Penampang (platform) ditempatkan di atas kertas atau kain dengan hasil pekerjaan terpasang menghadap ke atas. Pekerjaan yang telah dicetak dilepaskan dari platform (Sierningstrasse, 2011).



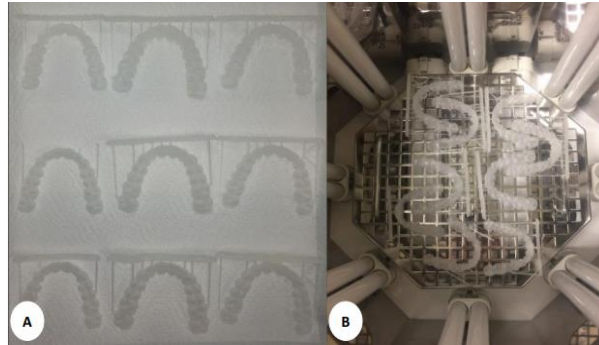
Gambar 2. 9 Retainer tercetak untuk model saat masih terhubung ke platform pencetakan(A). Retainer tercetak untuk model setelah melepas platform pencetakan dari printer (B) (Cole, 2018).

5. Pasca-proses

a. Pembersihan

Setelah pencetakan, retainer dikeluarkan dari platform build dan dibilas dalam dua bak berisi alkohol isopropil 91% selama total 20 menit dan kemudian dibiarkan mengering. Setelah dicuci, biarkan bagian-bagian tersebut mengering dengan sendirinya atau gunakan udara

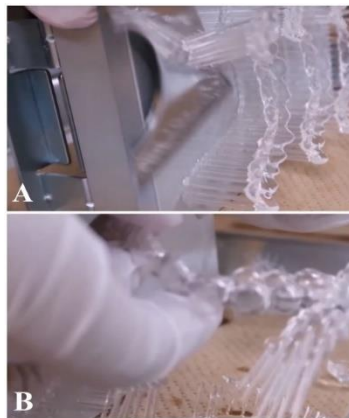
bertekanan untuk menghilangkan alkohol dari permukaan bagian-bagian tersebut (Cole, 2018).



Gambar 2. 10 (A) Retainer yang dicetak mengering setelah dibilas dalam 91% isopropil alkohol. (B) Retainer di ruang curing untuk menyelesaikan pasca-pemrosesan (Cole, 2018).

b. Pembersihan penyangga (*support removal*)

Setelah bagian-bagian telah dibilas sepenuhnya, lepaskan penyangga dari alas dan *clear retainer* telah selesai dibuat (Formlabs, 2022).



Gambar 2. 11 (A) Hasil cetak dilepas dari *building platform*. (B) Penyangga *clear retainer* dilepas (Rapid Manufacturing Akihabara Inc., 2019)



Gambar 2. 12 Hasil akhir 3D printing *Clear retainer* (Formalabs, 2017).

BAB III

PEMBAHASAN

Menurut Kansal dkk (2013), retainer ortodontik adalah suatu bagian yang diperlukan dalam perawatan ortodontik, yang dapat mencegah gigi-geligi kembali pada posisi awal. Retainer ortodontik adalah piranti yang dibuat khusus, biasanya terbuat dari kawat atau akrilik bening, yang menahan gigi pada posisinya setelah perawatan ortodontik, operasi ortognatik, atau metode penyelarasan gigi lainnya. Retainer ortodontik paling sering digunakan setelah koreksi ortodontik untuk menjaga gigi tetap pada posisinya sehingga jaringan disekitarnya untuk terbentuk kembali dan mempertahankan gigi dalam relasi fungsional dan estetika yang ideal untuk mencegah kecenderungan sifat gigi untuk kembali ke posisi semula (Vignesh & Sumathifelicita, 2015).

Peranti retensi diklasifikasikan menjadi dua yaitu, peranti lepasan dan peranti cekat (Alam M.K, 2012). Retainer lepasan berfungsi sebagai retensi untuk stabilitas antar lengkung dan berguna sebagai retensi pada pasien dengan masalah pertumbuhan (Reddy dkk, 2010). Retainer cekat diindikasi untuk retensi jangka panjang pada bagian labial, khususnya ketika ada pengurangan dukungan jaringan peiodontal, dan untuk retensi diastema sentralis (Rahmad & Rivaldi, 2021)

Menurut Alam (2012) retensi lepasan yaitu, peranti retainer *Kesling's tooth positioner*, peranti retainer Hawley, peranti retainer Begg, peranti retainer Clip-on/Spring, peranti retainer Wraparound, dan *invisible retainer* atau *clear retainer*. *Invisible/clear retainer* merupakan retainer bening transparan yang menutupi seluruh

mahkota klinis dan sebagian dari jaringan gingiva. Terbuat dari lembaran termoplastik transparan tipis. Estetis dan memiliki tampilan yang tidak mencolok. Jika peranti *clear retainer* terdapat bagian yang aus, retak, terpisah, atau terbelah, lebih baik membuat alat baru daripada memperbaiki peranti (Chaimongkol & Suntornlohanakul, 2017).

Peranti retensi *clear retainer* ini tidak tampak apabila dipakai (*invisible*) dan diperkenalkan pertama kali oleh Robert Ponitz dari Michigan (Goenharto et al., 2015). *Clear retainer* sebagai alat yang estetis, nyaman, dan murah dibandingkan dengan retainer ortodontik cekat dan lepasan konvensional (Chaimongkol & Suntornlohanakul, 2017). Peranti dibuat melingkupi keseluruhan lengkung geligi. Umumnya *invisible retainer* atau yang biasa disebut *clear retainer* dibuat dari selembat bahan semacam plastik yang dipanaskan dan dipres pada permukaan model kerja. Retensi didapat dari undercut di bawah titik kontak. *Clear retainer* lebih nyaman dipakai karena tidak atau sedikit menutupi jaringan lunak (Goenharto et al., 2017).

Clear retainer harus fleksibel saat melewati undercut. Batas retainer tidak boleh dipangkas sampai dengan garis servikal karena akan mengurangi adaptasi plastik pada undercut retentif. Batas pada *clear retainer* harus memanjang ke gingiva 3-4 mm pada kedua sisi fasial dan lingual. Tepi gingiva harus di area frenum labial dan lingual dibebaskan (Chaimongkol & Suntornlohanakul, 2017).

Menurut Beldiman et al., (2021) *clear retainer* mewakili perubahan baru dan revolusioner dalam ortodontik. Penggunaan *clear retainer* akan memacu penelitian dan pengembangan material baru yang khusus untuk digunakan dalam pencetakan 3D secara langsung (Tartaglia et al., 2021).

Dengan perkembangan yang sedang berlangsung 3D *printing* semakin banyak diterapkan di bidang prostodontik. Restorasi gigi dapat dibuat menggunakan teknik 3D *printing* berbasis resin baik secara langsung maupun tidak langsung seperti *Stereolithography* (SLA). Teknik tersebut menggunakan cahaya/laser untuk mengerasakan lapisan polimer cair fotosensitif selapis demi lapis, mengikuti jalur spesifik dari model yang dirancang (Alharbi et al., 2018). Teknologi 3D *printing* menghasilkan objek lapis demi lapis (Diegel et al., 2019).

Teknologi pencetakan 3D telah mendapatkan perhatian dalam beberapa tahun terakhir. Penerapannya dalam kedokteran gigi tidak jauh di belakang peningkatan penerapannya dalam sistem perawatan kesehatan. Penggunaan 3D *printing* dalam kedokteran gigi termasuk panduan bedah implan, prostodontik, kedokteran gigi restoratif, ortodontik, implantologi, dan pembuatan instrument ortodontik. Teknologi ini memungkinkan pembuatan komponen lapis demi lapis. Teknologi ini juga dapat digunakan untuk pencetakan langsung peranti *clear retainer* (Ashok et al., 2020).

Untuk pencetakan 3D perlu menggunakan *scanner* dengan perangkat lunak terintegrasi untuk menangkap gambar 3D dari objek yang dipindai. Data tersebut kemudian digunakan untuk menghasilkan model 3D tengkorak. Ambang batas yang diinginkan adalah yang memaksimalkan visualisasi gigi-geligi sambil menghilangkan jaringan lunak. Kemudian regio yang diinginkan (gigi rahang atas atau rahang bawah) dipotong dari seluruh tengkorak 3D oleh pemisahan intermaxillary yang dilakukan selama pemindaian (Nasef A.A dkk., 2014). Gambar 3D tersebut disimpan dalam file *Standard Tessellation Language* (STL). *Tessellation* adalah proses menutupi

permukaan, menggunakan satu atau lebih bentuk geometris, tanpa tumpang tindih dan tanpa celah. Artinya, objek yang dipindai lalu disalin secara detail dengan keandalan tinggi dan kemudian dapat dicetak (Cruz Olivo, 2022).

Pada program 3D *printing*, *clear resin* disimpan dalam tabung dengan platform bergerak di dalamnya. Sinar laser diarahkan pada sumbu XY melintasi permukaan resin sesuai dengan data 3D yang diunggah dalam komputer (file .STL), di mana resin mengeras tepat di tempat laser yang mengenai permukaan. Setelah lapisan selesai, platform di dalam tabung turun sedikit (dalam sumbu Z) dan lapisan berikutnya dilacak oleh laser. Proses berlanjut sampai seluruh objek selesai dan platform dapat dikeluarkan dari tabung untuk dipindahkan. Dalam prosesnya, SLA menghasilkan struktur pendukung untuk beberapa bagian. Struktur ini perlu dihapus secara manual (3D Printing Industry, 2014).

Dalam langkah pasca-pemrosesan, objek yang dicetak 3D menggunakan SLA perlu dibersihkan dan dilakukan *curing*. *Curing* objek 3D yang dicetak dengan cahaya intens dalam mesin seperti oven untuk mengeras resin sepenuhnya (3DPI, 2014).

Menurut Tartaglia *et al.*, (2021) pencetakan 3D juga dapat digunakan untuk pencetakan langsung peranti *clear retainer* dengan satu langkah pemrosesan menggunakan satu atau kombinasi proses pencetakan 3D. Secara teoritis, berbagai proses pencetakan 3D dapat digunakan untuk pencetakan langsung yang jelas. Selain akurasi yang lebih tinggi, pencetakan 3D secara langsung menghasilkan manfaat lain seperti waktu tunggu yang jauh lebih singkat dan biaya yang lebih rendah. Limbah proses pencetakan 3D secara langsung lebih sedikit daripada proses *thermoforming*.

Pencetakan 3D secara langsung menawarkan pembuatan peranti *clear retainer* yang sangat presisi dengan tepi yang halus, dirancang secara digital dan dibuat secara identik untuk seluruh rangkaian retainer perawatan; menawarkan kecocokan yang lebih baik, keakuratan yang lebih tinggi, dan dapat mencetak lebih banyak serta lebih cepat. Berdasarkan karakteristik peranti *clear retainer* dan persyaratan khusus pada sifat dan kinerja materialnya, pencetakan 3D dengan *photopolymerization* dari *clear resin* merupakan pilihan yang paling tepat.

Clear resin (Dental LT) telah ditemukan sebanding dengan bahan termoplastik Duran dan Durasoft di bawah tekanan yang setara dengan gigitan manusia; ini berarti bahwa pencetakan langsung 3D memiliki kekuatan mekanik yang cukup untuk menahan beban eksternal tanpa penurunan kinerja klinis. *Clear resin (Dental LT)* dinyatakan sebagai bahan biokompatibel, stabil secara dimensi, fleksibel, dan kuat untuk pencetakan 3D *printing* secara langsung *clear retainer* yang digunakan setelah perawatan ortodonti (Tartaglia et al., 2021).

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Pembuatan *clear retainer* menggunakan metode 3D Printing dilakukan dengan teknik *Stereolithography* (SLA). Teknik *Stereolithography* (SLA) dapat mencetak beberapa model dalam sekali jalan, model yang dicetak dapat berukuran besar dan memiliki keakuratan yang baik. Tahapan pembuatan *clear retainer* menggunakan metode 3D Printing dimulai dari melakukan *scanning* dan *design* pada *software* dalam bentuk STL, dilakukan persiapan dengan memberi titik dukungan pada permukaan non-oklusal, proses pencetakan menggunakan 3D *printing* dengan material *clear resin* (*Dental LT*), pasca-proses dilakukan pembersihan retainer menggunakan alkohol isopropyl 91% selama 20 menit dan penyangga dilepaskan dari retainer.

4.2 Saran

Untuk melakukan tahap *design*, persiapan, dan pencetakan pada mesin 3D *printing* harus melakukan tugas dengan teliti terlebih pada tahapan pemberian titik dukung pada permukaan non-oklusal. Dimana titik dukung tersebut berfungsi sebagai penyangga *clear retainer* saat proses pencetakan. Sehingga dalam pembuatan *clear retainer* menggunakan metode 3D *printing* dibutuhkan tenaga yang ahli dalam mengoperasikan *software* maupun mesin 3D *printing*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M.K. (2012). A to Z orthodontics, retention and relapse. 1st ed. Malaysia: PPSP Publication; Pp. 9–11.
- Alharbi, N., Alharbi, S., Cuijpers, V. M. J. I., Osman, R. B., & Wismeijer, D. (2018). Three-dimensional evaluation of marginal and internal fit of 3D-printed interim restorations fabricated on different finish line designs. *Journal of Prosthodontic Research*, 62(2), 218–226.
- Al Mortadi, N., Eggbeer, D., Lewis, J. and Williams, R.J. (2012). CAD/CAM/AM Applications in the Manufacture of Dental Appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 142, 727-733.
- <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.04.023> Ashok, D., Ram, T., & Kannan, M. S. (2020). 3D printed aligners, the next revolution. *European Journal of Molecular and Clinical Medicine*, 7(8), 1744–1746.
- Barone, S., Neri, P., Paoli, A., Razionale, A. V., & Tamburrino, F. (2019). Development of a DLP 3D printer for orthodontic applications. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1017–1025.
- Beldiman, M., Macovei, G., Zegan, G., Ioanid, N., & Vasilache, C. C. (2021). *CLEAR ALIGNERS – TECHNOLOGIES AND MATERIALS*. 10(4), 2–7.
- BDS, N. T. (2013). Fixed Retainers Vs Removable Retainers – Which Is Better? *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 11(6), 33–35.
- Chaimongkol, P., & Suntornlohanakul, S. (2017). Clear retainer. *APOS Trends in Orthodontics*, 7, 54–60.
- Cole, D. J. (2018). *Evaluation of fit for 3D printed retainers as compared to thermoform retainers*. 21.
- Cruz Olivo, E. A. (2022). 3D Printing in Dental Science. *Revista Estomatología*, 30(1), 1–3.
- Desktop Health. (2021). E-Guard 3D Printed Splint And Retainers. <https://youtu.be/RalDnXr25qW> Diakses Pada Tanggal 21 Juni 2022.

- Diegel, O., Nordin, A., & Motte, D. (2019). *Additive Manufacturing Technologies*. July, 19–39.
- Formlabs. (2022). FORMLABS APPLICATION GUIDE 3D Printing Full Dentures with Formlabs 3D Printers. <https://dental.formlabs.com/indications/digital-dentures/guide/> diakses pada tanggal 19 Mei 2022.
- Goenharto, S., Rusdiana, E., & Khairyyah, I. N. (2017). *Comparison Between Removable and Fixed Orthodontic Retainers Perbandingan Peranti Retensi Ortodonti Lepas dan Cekat*. 01(02), 82–87.
- Goenharto, S., Rusdiana, E., & Kesehatan, D. (2015). Peranti retensi pasca perawatan ortodonti (Retainer after orthodontic treatment) Literature review. *Journal of Dental Technologi*, 4(1), 1–7.
- Iswari, H. (2012). Relaps Dan Pencegahannya Dalam Ortodonti. *Journal Kedokteran*, 4, 53–58.
- Jindal, P., Juneja, M., Siena, F. L., Bajaj, D., & Breedon, P. (2019). Mechanical and geometric properties of thermoformed and 3D printed clear dental aligners. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 156(5), 694–701.
- Kansal, S., Kumar, P., Singh, G., Raghav, P., & Thareja, V. (2013). Kansal ' s Retainer : A Removable , Tooth-Borne. *Journal of Indian Orthodontic Society*, 47(4), 353–356.
- Ligon, S. C., Liska, R., Stampfl, J., Gurr, M., & Mülhaupt, R. (2017). Polymers for 3D Printing and Customized Additive Manufacturing. *Chemical Reviews*, 117(15), 10212–10290.
- Maspero, C., & Tartaglia, G. M. (2020). 3D printing of clear orthodontic aligners: Where we are and where we are going. *Materials*, 13(22), 1–4.
- Nasef, A.A., El-Beialy, A.R. and Mostafa, Y.A. (2014) Virtual Techniques for Designing and Fabricating a Retainer. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 146, 394-398.

- Nasef, A. A., El-Beialy, A. R., Eid, F. H. K., & Mostafa, Y. A. (2017). Accuracy of Orthodontic 3D Printed Retainers versus Thermoformed Retainers. *Open Journal of Medical Imaging*, 07(04), 169–179. <https://doi.org/10.4236/ojmi.2017.74017>
- <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.01.025> Nulty, A. (2021). *3D Printing Part 1 : A History and Literature Review Of 3D Printing Technologies Used In Dentistry*. May, 1–17.
- Ponitz, R. J. (1971). Invisible retainers. *American Journal of Orthodontics*, 59(3), 266–272.
- Putrino, A., Barbato, E., & Galluccio, G. (2021). Clear aligners: Between evolution and efficiency—a scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1–16.
- Quan, H., Zhang, T., Xu, H., Luo, S., Nie, J., & Zhu, X. (2020). Photo-curing 3D printing technique and its challenges. *Bioactive Materials*, 5(1), 110–115.
- Rahmad, Y., & Rivaldi, A. (2021). *Evaluasi Efektivitas Retainer Yang Digunakan Untuk Aktif (Systematic Literature Review) Evaluation Of The Effectiveness Of Retainer Used To Maintain*. XV(02), 1–11.
- Rapid Manufacturing Akihabara Inc. (2019). 191130 3dprinted Direct Aligner With Biocompatible Resin. <https://youtu.be/Zswejc3wlm> Diakses Pada Tanggal 21 Juni 2022.
- Reddy R, Chandrasekhar BR, Chaukse A. (2010). Retention appliance-a review. *Int J Dent Clin*, 31-6.
- Schweiger, J., Edelhoff, D., & Güth, J. F. (2021). 3d printing in digital prosthetic dentistry: An overview of recent developments in additive manufacturing. *Journal of Clinical Medicine*, 10(9).
- Shah, D. M., Morris, J., Plaisted, T. A., Amirkhizi, A. V., & Hansen, C. J. (2021). Highly filled resins for DLP-based printing of low density, high modulus materials. *Additive Manufacturing*, 37, 101736.

- Shaikh, S. S., Nahar, P., Shaikh, S. Y., Sayed, A. J., & Ali Habibullah, M. (2021). Current perspectives of 3D printing in dental applications. *Brazilian Dental Science*, 24(3), 95–104.
- Sierningstrasse, G. (2011). *Instruction for use V2.11.03. October*, 1–6.
- Tartaglia, G. M., Mapelli, A., Maspero, C., Santaniello, T., Serafin, M., Farronato, M., & Caprioglio, A. (2021). Direct 3D printing of clear orthodontic aligners: Current state and future possibilities. *Materials*, 14(7), 1–11.
<https://doi.org/10.3390/ma14071799>
- Tay, Y. W., Panda, B., Paul, S. C., Tan, M. J., Qian, S. Z., Leong, K. F., & Chua, C. K. (2016). Processing and properties of construction materials for 3D printing. *Materials Science Forum*, 861, 177–181.
- Tian, Y., Chen, C. X., Xu, X., Wang, J., Hou, X., Li, K., Lu, X., Shi, H. Y., Lee, E. S., & Jiang, H. B. (2021). A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning*, 2021.
- Tiro Garisi, K. B., & . S. (2018). Macam-macam retainer dalam perawatan ortodontik (Some types of retainer in orthodontic treatment). *Makassar Dental Journal*, 7(1), 50.
- Vasques, M. T., Mulder, J. N., Machado, D. S., & Lagana, D. C. (2019). The influence of the post-processing method on knoop hardness of photosensitive resins for 3D SLA printer used in Dentistry. *Clinical and Laboratorial Research in Dentistry*, 1–9.
- Weir, T. (2017). Clear aligners in orthodontic treatment. *Australian Dental Journal*, 62, 58–62.
- Yaneva-Deliverska, M., Deliversky, J., & Lyapina, M. (2015). Biocompatibility of Medical Devices – Legal Regulations in the European Union. *Journal of IMAB - Annual Proceeding (Scientific Papers)*, 21(1), 705–708.

- 3D Printing Industry. (2014). The Free Beginner's Guide to 3D Printing. *3D Printing Industry*, 77. <http://3dprintingindustry.com/wp-content/uploads/2014/07/3D-Printing-Guide.pdf> diakses pada tanggal 14 Juni 2022.
- Formalabs. (2017). 3D Print Hard Splints on the Form 2 in Less Than 50 Minutes. <https://dental.formlabs.com/blog/3d-print-hard-splints-on-the-form-2-in-less-than-50-minutes/> diakses pada tanggal 21 Juli 2022.
- Whip Mix Corporation. (2018). Making Clear Aligners Using the 3Shape Ortho System Module with Brandon Smith, CDT. <https://www.youtube.com/watch?v=fux0jToyNCw&t=1353s> diakses pada tanggal 21 Juli 2022.