

Komparasi Akurasi Surgical Guide dengan Metode Fused Deposition Modelling (FDM) dan Stereolithography (SLA) 3D Print Berdasarkan Cone Beam Computed Tomography (CBCT)

Comparison of Surgical Guide Accuracy with Fused Deposition Modeling (FDM) and Stereolithography (SLA) 3D Printed Methods Based on Cone Beam Computed Tomography (CBCT)



**MUHAMMAD FADIL HIDAYAT
J075212002**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS
RADIOLOGI KEDOKTERAN GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**Komparasi Akurasi Surgical Guide dengan Metode Fused Deposition
Modelling (FDM) dan Stereolithography (SLA) 3D Print Berdasarkan
Cone Beam Computed Tomography (CBCT)**

MUHAMMAD FADIL HIDAYAT

J075212002



PEMBIMBING:

1. Prof. Dr. drg. Barunawaty Yunus, M.Kes., Sp.RKG.,
Subsp.RDP(K)
2. Fadhil Ulum A.R.,drg.,Sp.RKG.,Subsp.RP(K)

PENGUJI:

1. Muh. Irfan Rasul, drg., Ph.D., Sp.BM.M. Subsp C.O.M. (K)
2. M. Novo P.Lubis, drg., Sp.RKG., Subsp.RDP(K)
3. M. Ikbal, drg., Ph.D., Sp.Pros., Subsp.PKIKG(K)

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS
RADIOLOGI KEDOKTERAN GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**Komparasi Akurasi Surgical Guide dengan Metode Fused Deposition
Modelling (FDM) dan Stereolithography (SLA) 3D Print Berdasarkan Cone
Beam Computed Tomography (CBCT)**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Spesialis
Program Studi Radiologi Kedokteran Gigi

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD FADIL HIDAYAT

J075212002

kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS
RADIOLOGI KEDOKTERAN GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

Komparasi Akurasi Surgical Guide dengan Metode Fused Deposition Modelling (FDM) dan Stereolithography (SLA) 3D Print Berdasarkan Cone Beam Computed Tomography (CBCT)

MUHAMMAD FADIL HIDAYAT
J075212002

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Profesi Spesialis-1 pada tanggal 2 Desember 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS
RADIOLOGI KEDOKTERAN GIGI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

Mengesahkan:

Pembimbing Utama

Prof. Dr. drg. Barunawaty Yunus, M.Kes., Sp.R.K.G.,
Subsp. R.D.P(K)
NIP.19641209 199103 2 001

Pembimbing Pendamping

drg. Fadhliil Ulum A.R., Sp.RKG.,
Subsp.RP(K)
NIP. 19871230 202203 5 001

Ketua Program Studi (KPS)
PPDGS Radiologi Kedokteran Gigi FKG-UNHAS

Prof. Dr. drg. Barunawaty Yunus, M.Kes., Sp.R.K.G.,
Subsp.R.D.P(K)
NIP. 19641209 199103 2 001



Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
UNIVERSITAS HASANUDDIN

Irfan Sugianto, drg., M. Med.Ed., PhD
NIP.198108215 200801 1 009

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Komparasi Akurasi Surgical Guide dengan Metode Fused Deposition Modelling (FDM) dan Stereolithography (SLA) 3D Print Berdasarkan Cone Beam Computed Tomography (CBCT)" adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing Prof. Dr. drg. Barunawaty Yunus, M.Kes., Sp.R.K.G., Subsp. R.D.P(K) sebagai Pembimbing Utama dan drg. Fadhlil Ulum A.R., Sp.RKG., Subsp.RP(K) sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 2 Desember 2024




MUHAMMAD FADIL HIDAYAT
J075212002

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia, dan kemudahan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "**Komparasi Akurasi Surgical Guide dengan Metode Fused Deposition Modelling (FDM) dan Stereolithography (SLA) 3D Print Berdasarkan Cone Beam Computed Tomography (CBCT)**" ini dengan baik.

Tesis ini tidak akan terselesaikan tanpa dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan tulus saya menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. drg. Barunawaty Yunus, M.Kes., Sp.R.K.G., Subsp. R.D.P(K) dan drg. Fadhlil Ulum A.R., Sp.RKG., Subsp.RP(K) selaku pembimbing utama dan pendamping yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan yang sangat berarti dalam proses penyusunan tesis ini.
2. drg. Muh. Irfan Rasul, Ph.D., Sp.BM.M. Subsp C.O.M. (K), drg. M. Novo P.Lubis, Sp.RKG., Subsp.RDP(K), dan drg. M. Ikbal, Ph.D., Sp.Pros., Subsp.PKIKG(K) selaku penguji dalam ujian tesis yang telah memberikan kritik dan saran konstruktif untuk penyempurnaan penelitian ini.
3. Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin, yang telah memberikan fasilitas dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.
4. Keluarga tercinta, khususnya orang tua saya, Firman, S.Pd dan Hasmina, S.Sos yang selalu mendoakan, mendukung, dan menjadi sumber semangat terbesar saya.
5. Sahabat dan rekan-rekan seperjuangan yang selalu memberikan motivasi, bantuan, dan dukungan selama proses penyusunan tesis ini.

Semoga segala kebaikan, dukungan, dan bantuan yang telah diberikan kepada saya mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Saya juga menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu segala saran dan kritik yang membangun sangat saya harapkan.

Dengan penuh harapan, semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang radiologi kedokteran gigi.

Makassar, 2 Desember 2024

Penulis,


Muhammad Fadil Hidayat

MUHAMMAD FADIL HIDAYAT. KOMPARASI AKURASI SURGICAL GUIDE DENGAN METODE FUSED DEPOSITION MODELLING (FDM) DAN STEREOLITHOGRAPHY (SLA) 3D PRINT BERDASARKAN CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY (CBCT) (dibimbing oleh Barunawaty Yunus dan Fadhil Ulum A. Rahman)

Latar Belakang : Dental implan adalah suatu bahan biokompatibel yang diletakkan pada tulang maksila atau mandibula untuk memberikan dan menambah dukungan pada protesa gigi. Penempatan implan dengan osseointegrasi saat ini menjadi prosedur umum dalam praktek klinis. Perawatan implan saat ini didorong oleh kebutuhan restoratif pada pasien dengan tuntutan estetik dan fungsional dari setiap kasus, namun dalam penerapannya implan dapat dibatasi oleh kendala anatomi sehingga dalam pengaplikasiannya membutuhkan surgical guide dengan pemanfaatan 3D Print untuk meningkatkan akurasi penempatan implan. **Tujuan**: menilai perbandingan akurasi penempatan implan pada surgical guide dengan bahan PLA dan SLA berdasarkan hasil analisis CBCT. **Metode**: penelitian observational analitik dengan desain penelitian Prospective. Pembuatan surgical guide dilakukan pada 10 pasien. Empat minggu setelah penempatan implan dengan menggunakan surgical guide, dilakukan kembali pengambilan radiografi CBCT untuk menilai akurasi penempatan implan dari dua metode yang berbeda berupa deviasi coronal (mm), deviasi apikal (mm), dan deviasi sudut implan (derajat) yang direncanakan dan yang terpasang. Hasil uji statistik menggunakan uji t-independen dan Mann-Whitney. **Hasil**: Sebanyak 10 implan yang telah berhasil diinsersi diamati dan diukur berdasarkan analisis Cone Beam Computed Tomography (CBCT). Berdasarkan hasil analisis, tidak ditemukan perbedaan signifikan antara kedua metode dalam hal deviasi linier maupun anguler.

Kesimpulan: evaluasi penempatan implan menggunakan surgical guide dengan metode FDM dapat memberikan akurasi yang tinggi yang hampir sama dengan metode SLA tanpa penggunaan sleeve, tetapi dengan efisiensi yang lebih baik.

Kata Kunci : Dental Implan, 3D Print, FDM-PLA, SLA, Surgical Guide

MUHAMMAD FADIL HIDAYAT. **COMPARISON OF SURGICAL GUIDE ACCURACY WITH FUSED DEPOSITION MODELING (FDM) AND STEREOLITHOGRAPHY (SLA) 3D PRINTED METHODS BASED ON CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY (CBCT)** (Supervised by Barunawaty Yunus and Fadhil Ulum A. Rahman)

Background: Dental implants are a biocompatible material that is placed in the maxillary or mandibular bone to provide and add support to a dental prosthesis. Implant placement by osseointegration is now a common procedure in clinical practice. Implant treatment is currently driven by the restorative needs of patients with the aesthetic and functional demands of each case, however, in its application implants can be limited by anatomical constraints so the application requires a surgical guide with the use of 3D printing to increase the accuracy of implant placement. **Objective:** to assess the comparison of placement accuracy implants in surgical guides with PLA and SLA materials based on the results of CBCT analysis. **Method:** analytical observational research with a prospective research design. Surgical guide construction was carried out on 10 patients. Four weeks after implant placement using a surgical guide, CBCT radiographs were retaken to assess the accuracy of implant placement from two different methods, namely coronal deviation (mm), apical deviation (mm), and angular deviation of the planned and installed implants. Statistical test results use the independent t-test and Mann-Whitney. **Results:** A total of 10 implants that had been successfully inserted were observed and measured based on Cone Beam Computed Tomography (CBCT) analysis. Based on the analysis results, no significant differences were found between the two methods regarding linear or angular deviation. **Conclusion:** evaluation of implant placement using a surgical guide with the FDM method can provide high accuracy which is almost the same as the SLA method without the use of a sleeve, but with better efficiency.

Keywords: Dental Implant, 3D Print, FDM-PLA, SLA, Surgical Guide

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Hipotesis Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5.1 Tujuan Umum.....	4
1.5.2 Tujuan Khusus	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Manfaat Pengembangan Ilmu	4
1.5.2 Manfaat Praktis	4
1.6 Kerangka Teori	6
1.7 Kerangka Konsep	6
BAB II METODE PENELITIAN	
2.1 Lokasi Penelitian.....	6
2.2 Waktu Penelitian	6
2.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	6
2.4 Metode Penelitian	6
2.4.1 Rancangan Penelitian.....	6
2.4.2 Besar Sampel Penelitian.....	7
2.4.3 Kriteria Sampel	7
2.4.4 Defenisi Operasional Variabel Penelitian.....	8
2.5 Pelaksanaan Penelitian	8
2.5.1 Persiapan Penelitian	8
2.5.2 Follow Up dan Akurasi	9
2.6 Parameter Pengamatan.....	10
2.7 Analisis Data	10
2.8 Alur Penelitian.....	11
BAB III HASIL PENELITIAN	12
BAB IV PEMBAHASAN.....	15
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	18
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN	22

DAFTAR TABEL

1. Tabel 1. Pengukuran deviasi dan offset penempatan implan pada setiap parameter 13
2. Tabel 2. Parameter akurasi yang dievaluasi pada kelompok SLA dan FDM 14

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 1. Simulasi parameter pengukuran akurasi..... 10

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dental implant adalah suatu bahan biokompatibel yang diletakkan pada tulang maksila atau mandibula untuk memberikan dan menambah dukungan pada protesa gigi. Penempatan optimal dari implan menjadi suatu syarat klinis yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan dan keinginan pasien. Penempatan yang tepat dari implan sangat penting untuk mendesain suatu protesa yang memenuhi kebutuhan estetik dan fungsi yang dapat memperjelas fungsi fonetik (Kim dkk, 2022; Ali dkk, 2023).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons menunjukkan bahwa 69% orang dewasa berusia 35-44 tahun memiliki kehilangan gigi permanen setidaknya 1 gigi. Pada orang dewasa usia 74 tahun sebanyak 26% telah kehilangan seluruh gigi permanen. Penelitian lain mengungkapkan terdapat 100.000-300.000 implan gigi yang dipasang setiap tahunnya. Hal ini menunjukkan tingginya kebutuhan global terhadap penggunaan implan sebagai pengganti kehilangan gigi. Perkembangan penelitian mengenai desain, bahan, dan teknik pemasangan implan gigi pun mulai berkembang pesat selama beberapa tahun terakhir dan diperkirakan akan terus berkembang di masa mendatang (Park dkk, 2018).

Pemasangan implan membutuhkan suatu pendekatan multidisipliner. Rencana restorasi harus terlebih dahulu dievaluasi sebelum pemasangan implan. Ahli bedah mulut atau dokter gigi yang memasang implant harus menyadari bahwa pemasangan implan tidak hanya tergantung pada tulang dan ruang yang tersedia, akan tetapi terutama adalah pada kondisi prostetik dan oklusal yang optimal (Abdel Karim dkk, 2019; Yeung dkk, 2020; Gjelvoid dkk, 2019).

Penempatan implan dengan osseointegrasi saat ini menjadi prosedur umum dalam praktek klinis. Perawatan implan saat ini didorong

oleh kebutuhan restoratif pada pasien dengan tuntutan estetik dan fungsional dari setiap kasus, namun dalam penerapannya implan dapat dibatasi oleh kendala anatomi. Penempatan implan harus memperhatikan dengan baik berbagai struktur anatomi, sehingga pada perencanaan perawatan perlu untuk memastikan kualitas dan kuantitas tulang alveolar yang tepat dan aman (Tatakis dkk, 2019).

Kesinambungan yang logis antara diagnosis, rencana perawatan dan tahap pembedahan memerlukan suatu media untuk menghubungkan beberapa hal tersebut. Beberapa faktor harus dipertimbangkan sebelum menentukan desain surgical guide yang akan digunakan, meliputi posisi implan dalam jangka waktu panjang, kondisi jaringan lunak, jenis komponen protesa implan dan jenis protesa definitive yang akan digunakan (Drage, 2018).

Dengan terus berkembangnya teknologi 3D-printing, teknologi ini semakin banyak digunakan dalam praktek kedokteran gigi. Saat ini, telah dikembangkan 3D-Print yang berasal dari bahan *Polylactic Acid (PLA)*. *Polyactic acid* merupakan *aliphatic polyester* yang sangat berguna dan mudah terbiodegradasi dan berasal dari 100 persen sumber daya terbarukan. Karena mekanisme degradasinya, PLA merupakan pilihan yang tepat dalam pembuatan surgical guide. Produk PLA berbiaya rendah juga menjadi alasan yang tepat sebagai bahan dalam produksi surgical guide (Turbush dkk, 2012).

Fused Deposition Modeling (FDM) bekerja dengan cara melelehkan filament termoplastik, seperti *Polylactic Acid (PLA)*, dan kemudian menyusunnya lapis demi lapis hingga membentuk objek 3D. Meskipun lebih mudah dan murah, cenderung memiliki resolusi yang lebih rendah. Ketebalan lapisan yang lebih besar dan kemungkinan terjadi penyusutan atau deformasi selama pencetakan bisa mengurangi akurasi. FDM PLA lebih rentan terhadap keretakan atau deformasi, terutama ketika terpapar tekanan atau panas. PLA juga memiliki sifat biodegradabel, yang berarti bahwa alat ini bisa terdegradasi seiring waktu jika tidak disimpan dengan baik (Van Noort, 2012).

Stereolithography (SLA) adalah teknik pembuatan prototype cepat yang digunakan untuk membuat surgical guide. Surgical guide dirancang dan didesain dengan perangkat lunak dan dibuat menggunakan SLA. SLA *light* mempolimerisasi resin 1 lapisan sekaligus sesuai dengan desain yang telah dibuat dengan spesifikasi tertentu. Penggunaan teknologi SLA ini memungkinkan transfer posisi implan yang direncanakan secara akurat pada pasien menggunakan surgical guide yang dapat diposisikan dan dapat diprediksi (Yuan, 2019).

SLA memiliki keunggulan dalam hal akurasi dan resolusi detail, yang sangat penting dalam pembuatan surgical guide. Prosesnya memungkinkan pencetakan struktur yang sangat halus dengan toleransi yang rendah, menjadikannya pilihan yang lebih disukai untuk kasus di mana ketepatan tinggi diperlukan (Kessler, 2013).

FDM PLA juga dianggap aman secara biokompatibilitas, tetapi karena proses FDM bisa meninggalkan lapisan yang tidak merata atau pori-pori kecil, ada risiko kontaminasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk SLA. Beberapa resin SLA biasanya dirancang dengan biokompatibilitas yang lebih baik, memungkinkan penggunaannya langsung dalam kontak dengan jaringan tubuh selama prosedur bedah, khususnya pada penempatan implan dental (Hull, 2020).

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan surgical guide menggunakan 3D printing dengan dua bahan yang berbeda berdasarkan hasil analisis CBCT sehingga akan meningkatkan akurasi dari penempatan implan.

1.2. Rumusan Masalah

Apakah terdapat perbedaan akurasi penempatan implan pada surgical guide berbahan PLA dan SLA berdasarkan hasil analisis CBCT?

1.3. Hipotesis Penelitian

Tidak terdapat perbedaan signifikan akurasi penempatan implan antara kedua jenis bahan berdasarkan hasil analisis CBCT

1.4. Tujuan Penelitian

1.4.1. Tujuan Umum

Penelitian ini dilakukan untuk menilai perbandingan akurasi penempatan implan pada surgical guide dengan hahan PLA dan SLA berdasarkan hasil analisis CBCT

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Untuk mengevaluasi bagaimana tingkat akurasi bahan PLA dalam pengaplikasiannya sebagai surgical guide berdasarkan hasil analisis CBCT
2. Untuk mengevaluasi bagaimana tingkat akurasi bahan SLA dalam pengaplikasiannya sebagai surgical guide berdasarkan hasil analisis CBCT

1.5. Manfaat Penelitian

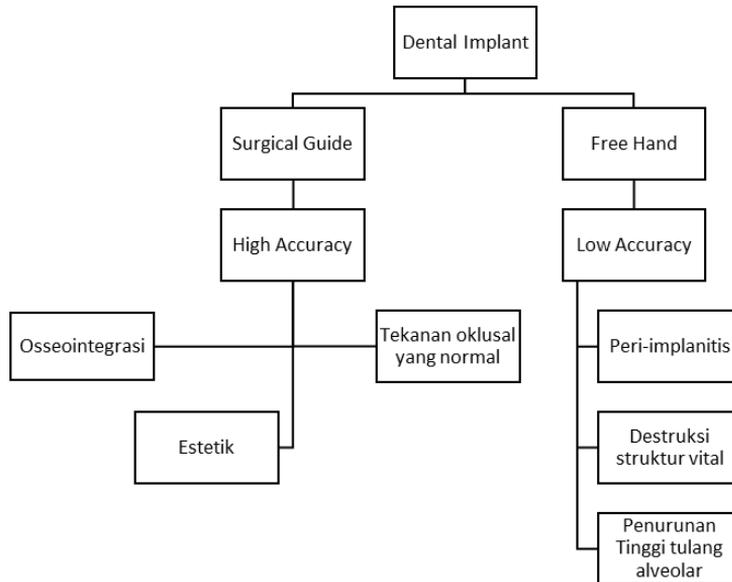
1.5.1. Manfaat Pengembangan Ilmu

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan mengenai integrasi aplikasi CBCT terhadap perkembangan bahan biomaterial.

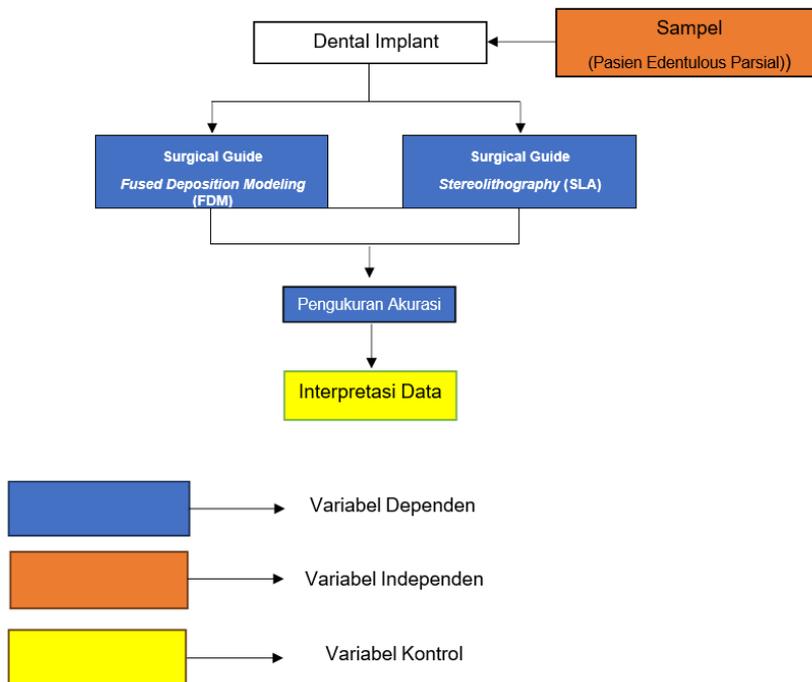
1.5.2. Manfaat Praktis

- a. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi secara ilmiah mengenai pengaplikasian surgical guide yang lebih presisi dengan mengandalkan analisis CBCT dan 3D printing.
- b. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi salah satu pertimbangan pemilihan bahan yang tepat pada pembuatan surgical guide dalam implan planning treatment.

1.6. Kerangka Teori



1.7. Kerangka Konsep



BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Pemeriksaan Radiologi Cone Beam Computed Tomography dilakukan di Instalasi Radiologi Kedokteran Gigi Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan Universitas Hasanuddin.

2.2 Waktu Penelitian

Penelitian akan dilakukan pada bulan Juni 2024.

2.3 Alat dan Bahan Penelitian

1. Up studio for windows software
2. *Polylactic Acid* (PLA) 1.75 mm, 1000 Gram
3. Tiertime UP 300 3D printer
4. UV LED Box
5. Moonlite SLA 3D printer
6. Shinning 3D oral scanner
7. SLA 3D print kit set
8. Stereolithography Resin, 1000 Gram (Biocompatible)
9. Vatech PaX-i3D CBCT *Machine*
10. AIS 3D App for windows
11. EzDent-i App for windows

2.4 Metode Penelitian

2.4.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observational analitik dengan desain

penelitian *Prospective Study*

2.4.2 Besar Sample Penelitian

Perhitungan besar sampel dalam penelitian ini menggunakan rumus Federer dengan 2 kelompok perlakuan yaitu:

1. Kelompok 1: Surgical guide berbahan dasar PLA
2. Kelompok 2: Surgical guide berbahan dasar Resin

Cara menghitung sampel:

$$(n - 1) \times (t - 1) \geq 15$$

$$(n - 1) \times (6 - 1) \geq 15$$

$$(n - 1) \geq 15/5$$

$$n \geq 3 + 1$$

$$n \geq 4 = 5$$

keterangan:

n = jumlah pengulangan perkelompok

t = jumlah kelompok penelitian

Jadi jumlah sampel keseluruhann adalah 10 pasien dengan rencana perawatan implan, diperoleh dengan mengalikan 5 x 2.

2.4.3 Kriteria Sample

Sampel Penelitian: Pasien dengan rencana perawatan pemasangan single/multiple implan

Kriteria Inklusi

- a. Pasien dengan indikasi implan
- b. Pasien dengan partial edentulous posterior
- c. Pasien dnegan ketebalan tulang bucco-lingual lebih dari 6 mm

Kriteria Eksklusi

- a. Pasien dengan indikasi bone graft/sinus lifting

- b. Pasien dengan riwayat penyakit sistemik yang mungkin mempengaruhi kualitas tulang dan osseointegrasi
- c. Pasien dengan oral hygiene buruk dan penyakit periodontal

2.4.4 Defenisi Operasional Variabel Penelitian

- Fused Deposition Modeling (FDM), atau Fused Filament Fabrication (FFF), adalah Proses pembuatan additive yang termasuk dalam kelompok "Material Extrusion". Dalam FDM, Sebuah Object dibentuk dengan cara melelehkan material (Resin) lalu di tempatkan lapis demi lapis sehingga membentuk sebuah objek yang di inginkan. Material yang digunakan dalam FDM adalah Jenis Thermoplastic dalam bentuk Filament.
- *Polylactic Acid* (PLA) merupakan jenis poliester termoplastik biodegradabel, biokompatibel, dan terbarukan yang terutama berasal dari pati jagung. *Lactic Acid* (LA) PLA berasal dari sumber alami. LA diproduksi menggunakan fermentasi bakteri dari jagung, tebu, kentang dan biomassa lainnya.
- Stereolithography 3D Printing atau yang biasa disingkat SLA adalah salah satu teknik cetak 3 dimensi tertua yang pernah dikembangkan. Proses manufaktur aditif ini digunakan dengan menggunakan bahan resin cetak 3D dan proses fotokimia.

2.5 Pelaksanaan Penelitian

2.5.1 Persiapan Penelitian

Sebelum dilakukan pemasangan implan, terlebih dahulu pasien dilakukan pencetakan untuk mendapatkan model diagnostik.

- a. Pengambilan dan ekstrak data CBCT

Pasien dengan rencana perawatan pemasangan implan akan dilakukan pengambilan dan analisis hasil gambaran CBCT dengan konfigurasi field of view (FoV) 120 x 90 mm dengan menggunakan alat (Vatech PaX-i3D) dan dianalisis menggunakan software (Ez3D-i).

b. Pengambilan cetakan dengan intra oral scanner

Pasien dilakukan pencetak fisiologis untuk mendapatkan model positif dari gigi geligi pasien. Hasil dari pencetakan pasien selanjutnya dilakukan scanning dengan menggunakan shinning 3D oral scanner untuk mendapatkan file stl. File stl diextract dan diimport untuk dikombinasikan dengan hasil cbct untuk memberikan gambaran jaringan lunak dalam proses desain surgical guide.

c. Pembuatan 3D Surgical Guide

Hasil analisis jaringan keras pasien yang diperoleh disimpan sebagai file *Digital Imaging and Communication in Medicine* (DICOM) dan analisis jaringan lunak pasien disimpan sebagai file Standard Triangle Language (STL). Surgical guide dibuat menggunakan 3D

printing masing-masing dengan menggunakan metode FDM dengan bahan dasar PLA dan metode SLA dengan mempertimbangkan diameter, panjang, dan posisi implan. Desain surgical guide yang digunakan menggunakan metode *slevelless.po*

d. Inseri Implan

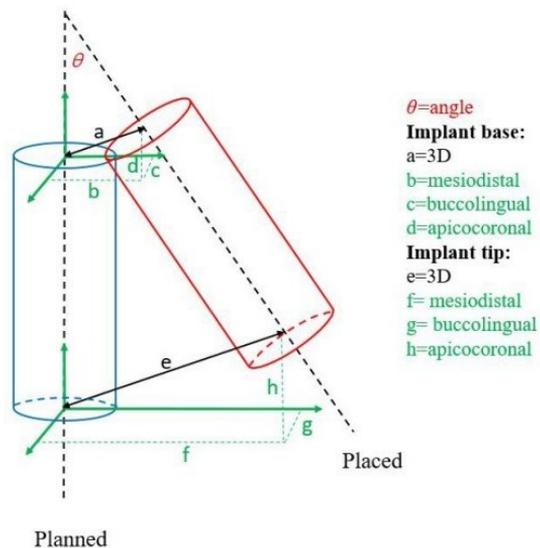
Penempatan implan menggunakan surgical guide dilakukan oleh spesialis bedah mulut/ periodonsia/ dan prostodonsia sesuai dengan standar operasional prosedur.

2.5.2 Follow Up dan Akurasi

Delapan minggu setelah penempatan implan dengan menggunakan surgical guide, dilakukan kembali pengambilan radiografi CBCT untuk menilai akurasi penempatan implan dari 2 metode yang berbeda berupa deviasi coronal (mm), deviasi apikal (mm), dan deviasi sudut implan (derajat) yang direncanakan dan yang terpasang.

2.6 Parameter Pengamatan

Setelah pemasangan implan, dilakukan pemindaian CBCT kembali dengan posisi dan FoV yang sama. Data analisis post-operative dibandingkan pada software Ais3D menggunakan metode point – to-point registration. Akurasi diukur pada dasar dan puncak implan: deviasi sudut, deviasi 3D, deviasi mesiodistal, deviasi bukolingual, dan deviasi apikokoronal.



Gambar 1. Simulasi parameter pengukuran akurasi

2.7 Analisa Data

Pengolahan data dilakukan menggunakan *Statistical Product and Service Solution* (SPSS). Analisis univariat digunakan untuk mendeskripsikan masing-masing variabel serta disajikan dalam bentuk tabel.

2.8 Alur Penelitian

