

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menentukan dimensi vertikal yang benar pada pembuatan gigi tiruan merupakan masalah signifikan dalam manajemen pasien edentulous. Selain kepentingan fungsionalnya, menetapkan dimensi vertikal yang tepat pada pasien gigi tiruan memengaruhi ekspresi wajah dan estetika. Gigi tiruan lengkap dapat diintegrasikan ke dalam sistem pengunyahan dengan dimensi vertikal yang tepat, kontak oklusal stabil yang sesuai dengan sistem stomatognatik, dan bentuk yang sesuai dengan otot wajah (Zarb et al., 2012).

Relasi rahang bawah dan rahang atas dapat diamati dalam dua arah baik secara vertikal maupun horizontal. Relasi horizontal adalah relasi sentris, sedangkan relasi vertikal adalah dimensi vertikal (Phoenix et al., 2003). Kehilangan gigi dapat mengakibatkan perubahan dimensi vertikal. Perubahan ini terjadi di jaringan keras dan lunak pada daerah wajah dan rahang. Akibatnya, beberapa perubahan fungsional dan estetika terjadi di seluruh daerah orofacial dan sistem stomatognatik. Penilaian yang tepat dari hubungan antara rahang atas dan bawah sangat penting sebelum menentukan diagnosis atau pembuatan rehabilitasi prostodontik (Delić et al., 2000; Strajnić et al., 2008).

Dimensi vertikal ditentukan oleh jarak antara rahang atas dan bawah; dalam konteks oklusi, disebut sebagai dimensi vertikal oklusal (DVO), tetapi dalam keadaan istirahat, disebut dimensi vertikal istirahat atau fisiologis. Pada kondisi masih terdapat gigi alami di dalam rongga mulut, dimensi vertikal didapatkan pada saat gigi alami beroklusi (Zarb et al., 2012). Dimensi vertikal oklusi adalah parameter yang sangat penting untuk rekonstruksi hubungan antara rahang yang tepat (Igić et al., 2015). Untuk rekonstruksi prostetik yang komprehensif, penentuan dimensi vertikal oklusi sering disebut sebagai isu sentral atau permasalahan inti (Rebibo et al., 2009). Perubahan dimensi vertikal oklusi mempengaruhi penampilan wajah, menciptakan kesulitan dalam pengucapan dan ketidaknyamanan pada otot (Morimoto et al., 1996). Dimensi vertikal oklusi yang ditentukan dengan benar memberikan penampilan pasien yang memadai, memungkinkan mengunyah secara efisien dan mencegah disfungsi sendi rahang.

Pada kasus edentulous, tidak ada kontak timbal balik dari gigi dan tidak ada elemen yang menunjukkan hubungan rahang atas dan bawah, hubungan rahang saat membuat gigi palsu, dalam hal ini, harus direkonstruksi dengan lengkungan gigi tiruan dalam hubungan vertikal dan horizontal yang tepat. Menurut Gutiérrez de Venezia (Gutiérrez Da Venezia P, 2003) ini adalah salah satu prosedur paling kompleks dalam prostodontik. Ada dua dimensi vertikal yang diukur secara rutin: tinggi wajah oklusal



am oklusi (DVO) dan tinggi wajah istirahat saat mandibula dalam . Untuk pembuatan gigi tiruan, ketinggian wajah oklusal dicatat registrasi. Ketinggian wajah istirahat digunakan untuk membantu wajah oklusal. Untuk menetapkan dimensi vertikal fungsional, usal harus lebih kecil dari ketinggian permukaan sisanya untuk an oklusi terpisah saat istirahat. Perbedaan antara keduanya

disebut 'freeway space' dan signifikan karena memungkinkan otot-otot pengunyahan periode istirahat (Johnson and Wood, 2012).

Literatur menjelaskan banyak metode untuk penemuannya, dari yang sederhana, mudah diterapkan secara klinis, hingga cukup rumit, dengan menggunakan satu atau lebih perangkat untuk penentuan (Igić et al., 2015). Beresin dan Schiesser dalam jurnal oleh Margo telah mengkategorikan metode untuk menentukan DVO ke dalam empat kategori utama: pengukuran wajah, penggunaan posisi istirahat mandibula, fonetik, dan fungsi neuromuskular menelan (Margo, 1999).

Kesalahan sering terjadi karena banyak faktor yang rumit terlibat dalam penentuan hubungan rahang (Hayakawa, 1999). Selain itu, dikatakan bahwa penentuan hubungan rahang adalah salah satu prosedur prostodontik yang paling kompleks (Igić et al., 2015; Van Willigen et al., 1985). Untuk memastikan gigi tiruan dapat diterima secara fungsional (mastikasi, bicara) (Bhat and Gopinathan, 2006) dan estetik, (Ushijima et al., 2013; Zielak et al., 2014) salah satu langkah yang paling penting adalah menentukan DVO yang tepat. Selain faktor fungsional seperti mengidentifikasi DVO dengan posisi istirahat mandibula, kekuatan gigitan, pergerakan menelan, dan fonetik, terbukti efektif. Namun, keterampilan pasien, tekanan mental, dan posturnya juga memengaruhi kualitas dan stabilitas bite rim itu sendiri (Hayakawa, 1999). Vidya dan Gopinathan (Bhat and Gopinathan, 2006) mengatakan bahwa dalam menentukan metode yang paling tepat untuk mengukur dimensi vertikal oklusal, beberapa kriteria harus dipertimbangkan. Di antaranya adalah bahwa pengukuran harus akurat dan dapat diulang, teknik tersebut harus dapat disesuaikan, jenis dan kerumitan alat yang digunakan, dan lama waktu yang diperlukan untuk melakukan setiap pengukuran (Toolson and Smith, 1982).

Pengukuran dimensi vertikal, juga dikenal sebagai penetapan hubungan rahang, dapat dilakukan secara langsung atau tidak langsung. Metode pengukuran secara langsung termasuk pengukuran wajah, penelanan, metode fonetik, biting force, metode taktil, dan rumus Hayakawa. Pilihan dokter gigi lebih beragam karena ada banyak metode pengukuran wajah untuk mengukur dimensi vertikal, seperti metode Willis, McGee, Hurst, dan Hamm. Ada juga berbagai alat yang digunakan, seperti Sorensen profile scale, Willis bite gauge, Boley gauge, dan TOM gauge (Ladda et al., 2014). Media foto dapat digunakan untuk mengukur dimensi vertikal secara tidak langsung. Foto dapat berasal dari sefalometri, foto lama pasien, atau foto digital wajah pasien. Meskipun sefalometri biasanya digunakan di bagian orthodontik, analisis sefalometri telah digunakan sebagai sumber data tambahan untuk penelitian dan diagnosis dalam kedokteran gigi (Wirahadikusumah et al., 2013). Salah satu metode untuk mengidentifikasi dan merencanakan oklusi buatan yang kompleks adalah penentuan indeks morfologi individu dan DVO dengan analisis sefalometrik. Ini secara khusus memungkinkan penentuan DVO dengan bagian-bagian kerangka kraniofasial bah meskipun setelah kehilangan gigi (Nurung et al., 2014).



anyak metode untuk menentukan DVO, tidak ada yang dapat praktis, dan masing-masing memiliki kekurangan sehingga y, 2003) menyatakan mengkombinasikan beberapa metode untuk n paling sering dilakukan saat ini (Abduo and Lyons, 2012; Gross and Phillips, 1997; Ladda et al., 2014). Berbagai karakteristik,

termasuk keadaan patologis dan fisiologis pasien edentulous, dapat menyebabkan kesulitan penentuan DVO (McGee, 1947).

Perubahan keadaan penutupan (overclosed/open) dan kecukupan (tidak mencukupi/berlebihan) dapat menyebabkan konsekuensi klinis seperti estetika yang terganggu, fungsi pengunyahan berkurang, angular cheilitis, fonetik yang berubah, dan gangguan pada ruang istirahat interoklusal (IRS) selama bicara dan nyeri pada edentulous ridge (Koka, 2007). Untuk membangun dimensi vertikal estetik, tinggi wajah oklusal harus sedemikian rupa untuk mencegah pembentukan lipatan besar di jaringan lunak pada sudut mulut menjadi cukup tinggi, tetapi tidak boleh terlalu tinggi sehingga pasien tidak mampu menutup mulut (Johnson and Wood, 2012).

Metode paling umum digunakan untuk menentukan dimensi vertikal oklusi adalah metode pengukuran tidak langsung menggunakan foto sefalometri dan pengukuran langsung teknik two dots dengan jangka sorong atau Willis gauge. Pemanfaatan foto sefalometri untuk menentukan dimensi vertikal oklusi (VDO) telah disarankan karena keandalan dan konsistensi titik referensi tulang, yang meningkatkan presisi pengukuran (Chaconas and Gonidis, 1986). Secara umum, metode sefalometri tampaknya akurat karena didasarkan pada landmark kerangka yang tetap. Namun, Alhaji dkk menyatakan bahwa penggunaan metode ini terbatas karena membutuhkan pengaturan radiografi yang tidak tersedia di sebagian besar klinik gigi dan paparan radiasi berbahaya yang dihasilkannya (Alhaji et al., 2017). Pengukuran dimensi vertikal dengan menggunakan alat ukur seperti Willis gauge atau jangka sorong dengan menggunakan jaringan lunak sebagai titik acuan tidak akan memberikan hasil yang akurat karena distorsi yang tak terhindarkan selama prosedur pengukuran oleh operator (Bissas, 2004; McMillan and Imber, 1968; Turrell, 1972). Selanjutnya, perubahan jaringan lunak wajah tidak secara tepat mencerminkan perubahan skeletal. Gross dkk menemukan peningkatan DVO hingga 6 mm untuk pasien bergigi sedikit memengaruhi penampilan jaringan wajah (Gross et al., 2002). Selain itu, hilangnya semua gigi dapat memengaruhi pertumbuhan tengkorak orang dewasa secara signifikan (Enkling et al., 2018). Penggunaan alat ukur ini juga dapat menyebabkan kesalahan dalam sejumlah kasus karena hampir tidak mungkin untuk mempertahankan alat tetap stabil, serta pasien tegang sehingga rest posisi tidak tepat atau bisa berubah. Dengan demikian, ada kebutuhan untuk mengeksplorasi strategi baru untuk menentukan VDO yang tepat.

Elektronika semakin mendominasi berbagai bidang saat ini, termasuk dalam kedokteran gigi. Mikrokontroler, sebuah komponen elektronik terintegrasi yang diprogram untuk melakukan dan mengendalikan tugas tertentu, adalah salah satu contohnya. Pada dasarnya, mikrokontroler bekerja dengan program atau perangkat lunak yang tertanam di dalamnya. Program tersebut disesuaikan dengan aplikasi yang dipilih. Pengguna dapat dengan mudah menggabungkan perangkat lunak dan perangkat keras dengan platform mikrokontroler populer Arduino, yang bersifat open-source dan digunakan. Mikrokontroler telah menjadi sangat populer dalam beberapa tahun terakhir; salah satu contohnya adalah penggunaan mikrokontroler untuk menentukan dimensi vertikal (Bhuyan and Mallick,



untuk mengatasi kekurangan dari penggunaan foto sefalometri dan dimensi vertikal, peneliti tertarik mengembangkan sebuah alat

ukur dimensi vertikal menggunakan sensor proximity berbasis Arduino. Sensor bertujuan untuk mengukur dimensi vertikal yaitu jarak antara rahang atas dan rahang bawah. Sensor proximity infrared merupakan perangkat sensor atau saklar yang berfungsi mendeteksi keberadaan target tertentu tanpa adanya kontak fisik. Sensor ini umumnya menggunakan teknologi solid-state yang diisolasi secara rapat untuk melindungi dari berbagai pengaruh eksternal seperti korosi, zat kimia, cairan, dan getaran berlebih. Sensor proximity infrared cocok digunakan untuk mendeteksi objek yang lembut atau kecil untuk mengaktifkan mekanisme saklarnya (Khaharsyah et al., 2021). Sensor proximity infrared didasarkan pada gelombang Inframerah dan terus-menerus mengukur jarak melalui kombinasi terintegrasi dari Detektor Sensitif Posisi (PSD), Dioda Pemancar Inframerah (IRED), dan sirkuit pemrosesan sinyal dalam kisaran 150 cm. Ketika sesuatu mengganggu cahaya yang dipancarkan oleh dioda sensor, ia mampu menghitung jarak antara objek dan dirinya sendiri (Chapron et al., 2020). Dengan menggunakan alat sensor proximity berbasis Arduino ini, operator dapat mengukur dimensi vertikal dengan lebih mudah dan lebih efisien. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas hidup pasien dengan menghasilkan gigi tiruan yang lebih stabil dan retentif.

1.2 Teori

Keberhasilan pembuatan gigi tiruan lengkap bergantung pada dua tahapan penting yaitu pencetakan dan pencatatan hubungan rahang. Namun, tahapan yang lebih penting adalah pencatatan hubungan rahang. Jika ada kesalahan dalam mencatat hubungan rahang, gigi tiruan akan menjadi longgar secara bertahap dan akhirnya akan terlepas. Sebaliknya, jika pencetakan kurang dan retensi kurang, ketika hubungan rahang diperbaiki, gigi tiruan dapat digunakan untuk sementara waktu dan retensi dapat meningkat (Hayakawa, 1999). Dalam menemukan teknik yang tepat untuk menentukan hubungan rahang, perlu diketahui tentang struktur, gerakan yang dapat dilakukan, dan teknik pencatatan dimensi vertikal yang tepat.

1.2.1 Pergerakan dan Posisi Mandibula

Pengetahuan teoritis tentang oklusi itu sendiri diperlukan untuk prosedur klinis penentuan hubungan rahang. Ini terutama terkait dengan posisi dan pergerakan mandibula, yang bergerak dibandingkan dengan maksila yang statis. Pergerakan kompleks mandibula terjadi di sekitar sendi temporomandibular. Selama mandibula bergerak, hubungan maksilo mandibula bervariasi setiap detik. Mandibula melakukan pergerakan fungsional adalah hal yang natural dan karakteristik pergerakan saat mastikasi, bicara, dan menguap (Basker et al., 2002).

Posisi vertikal dan horizontal mandibula ketika semua otot rileks adalah posisi istirahat (Basker et al., 2002) atau otot menutup mulut dalam posisi kontraksi tonik ("The Jontic Terms," 2005) dan pasien dalam posisi duduk tegak. Saat ini, ada jarak antara permukaan oklusal yang disebut freeway atau occlusal rest space (Basker et al., 2002; Orenstein et al., 2015; "The Jontic Terms," 2017). Posisi muskular adalah posisi vertikal dan horizontal yang dihasilkan oleh aktifitas otot yang mengangkat mandibula dari posisi awal kontak gigi. Posisi intercuspal adalah posisi vertikal dan



horizontal mandibula saat terjadi kontak oklusal maksimum. Posisi intercuspapal pemakai gigi tiruan harus sesuai dengan posisi muskularnya (Basker et al., 2002).

1.2.1.1 Posisi Mandibula Pasien Pada Saat Penentuan Dimensi Vertikal

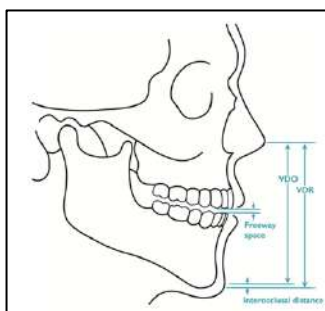
Postur dan ketengangan ternyata memengaruhi posisi mandibula pasien. Oleh karena itu, pasien harus berada dalam keadaan rileks dengan bidang Frankfurt sejajar lantai saat menentukan DVO. Ketepatan ditentukan oleh posisi kepala yang tegak lurus karena DVI dekat dengan jaringan lunak mandibula. Rahang bawah akan menjauh dari rahang atas jika mengadahkan kepala ke belakang, dan jika menunduk ke depan, akan lebih dekat dengan rahang atas. Karena itu, saat mengamati posisi fisiologis, kepala pasien harus tegak dan tidak ditopang (Chairani and Rahmi, 2016; Miran and Mahmood, 2015).

1.2.2 Dimensi Vertikal

Dimensi vertikal merupakan pengukuran vertikal wajah yang diperoleh dengan menentukan dua titik dalam posisi yang mudah, satu di atas dan satu di bawah mulut, biasanya di area midline ("The Glossary of Prosthodontic Terms," 2005). Posisi ini ditetapkan pada satu titik yang tidak bergerak dan satu titik bergerak, biasanya satu di ujung hidung dan satu di dagu. Dimensi Vertikal Oklusal (DVO) mengacu pada hubungan antara rahang atas dan rahang bawah ketika rahang tertutup dan gigi beroklusi (Gross et al., 2002; "The Glossary of Prosthodontic Terms," 2017) Tallgren A., Boucher CO., dan Kois J. mengatakan modifikasi DVO dapat meningkatkan estetika dentofasial dan proporsi tinggi wajah (Phoenix et al., 2003).

Dimensi vertikal istirahat atau fisiologis diukur saat pasien benar-benar dalam posisi istirahat dan duduk tegak. Posisi mandibula ditentukan oleh keseimbangan otot antara otot mastikasi, kelompok otot post servical, infrahyoid, dan otot suprahyoid. Gigi pasien pada kondisi ini tidak bersentuhan dan jarak yang terbentuk antara maksila dan mandibula disebut ruang istirahat interoklusal atau freeway space (Strajnić et al., 2008; Sun et al., 2022). Jarak ini pada umumnya antara 2-4 mm walaupun ada ahli yang mengatakan bahwa ketetapan freeway space biasa mencapai 1-10 mm tergantung pada tonus otot pasien (Ifwandi et al., 2016). Faktor yang berpengaruh dalam penentuan freeway space, adalah tonus otot yang dapat mengubah *freeway space* dan bruxism dengan hipertonisitas otot sehingga dianggap paling mengakibatkan adanya perubahan pada freeway space (Wirahadikusumah et al., 2013). Dimensi vertikal oklusal merupakan posisi saat gigi rahang atas dan bawah berkontak ketika pasien mengangkat mandibula (Strajnić et al., 2008). Pencatatan letak maksila dan bite rim digunakan untuk memindahkan orientasi yang benar.





Gambar 1. 1 Dimensi vertikal oklusi (DVO/VDO), dimensi vertikal istirahat (DVI/VDR), Freeway space (Sumber: Minji S, Hong SM, Jaeyoung K. *Evaluation methods of occlusal vertical dimension and their clinical applications: A narrative review. The J of Korean Academy of Prosthodont.* 2022)

1.2.2.1 Metode Penentuan Dimensi Vertikal

Tujuan utama untuk mendapatkan DVO adalah untuk menentukan posisi rahang dalam arah vertikal yang disebabkan oleh kehilangan gigi ("The Glossary of Prosthodontic Terms," 2005) Belum ada metode yang dibuktikan tepat untuk menentukan DVO, dan sebagian besar klinisi menggunakan kombinasi berbagai metode dan penilaian klinis. Di antara kriteria yang harus dipertimbangkan saat memilih metode yang paling cocok untuk digunakan adalah keakuratan, dapat diulang-ulang, mudah disesuaikan, tipe dan kompleksitas alat yang digunakan, dan waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan catatan yang akurat (Basnet et al., 2014; Zielak et al., 2014).

Pada pelaksanaannya, penentuan DVO bukanlah sesuatu yang mudah terutama pada pasien usia lanjut yang telah lama mengalami edentulous total atau sebagian. Beberapa faktor dianggap bertanggung jawab terhadap timbulnya ambiguitas dalam pengukuran DVO, antara lain: kesulitan saat melakukan pengukuran pada kulit wajah karena sulit menentukan titik landmark, serta terdapatnya perubahan dalam keadaan psikologis dan patologis. Oleh karena itu, untuk memperoleh hasil yang akurat dianjurkan beberapa metode pengukuran DVO karena hasil pengukuran satu metode belum tentu sama dengan metode lainnya (Chairani and Rahmi, 2016).

Metode yang akan digunakan dalam menentukan DVO harus memenuhi kriteria, antara lain: pengukuran yang akurat dan dapat diulang, teknik yang mudah diadaptasikan, tipe dan kelengkapan alat yang dibutuhkan, serta waktu yang dibutuhkan lebih singkat. Meskipun demikian, belum ada pendapat yang menyatakan suatu metode lebih akurat dibandingkan metode lain. Para ahli dalam penelitiannya telah mengembangkan metode untuk menentukan dimensi vertikal yaitu metode antropometri (Chairani and Rahmi, 2016).



Pengukuran dimensi vertikal dapat dilakukan secara langsung atau tidak langsung dengan cara langsung berarti pengukuran dilakukan langsung di mulut pasien. Pengukuran secara langsung mencakup pengukuran metode fonetik, tekanan kunyah, dan metode taktil. Pengukuran

secara tidak langsung mencakup pengukuran dengan foto sefalometri, foto digital, dan rumus Hayakawa (Zarb et al., 2012).

Pada kasus pasien dengan edentulous totalis terdapat rumus dari pengukuran dimensi vertikal oklusi yaitu :

$$DVO = DVR - FS$$

DVO : Dimensi Vertikal Oklusi

DVI : Dimensi Vertikal Rest (Istirahat)

FS : Free way Space (2-4mm)

Berikut ini adalah beberapa faktor yang mempengaruhi posisi istirahat mandibula:(Amiruddin and Thalib, 2019; Miran and Mahmood, 2015)

- 1) Postur pasien. Postur pasien yang sesuai adalah posisi badan dan kepala tegak lurus dengan lantai dan pasien melihat lurus kedepan.
- 2) Durasi pengukuran. Posisi istirahat mandibula dapat berubah seiring berjalannya waktu.
- 3) Kondisi pasien. Kondisi neuromuskular dan kondisi psikologis pasien dapat mempengaruhi keakurasian pengukuran dimensi vertikal istirahat.

a. Pengukuran Secara Tidak Langsung

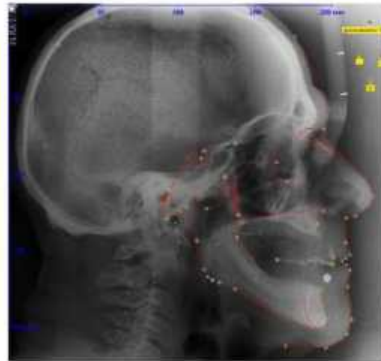
1. Pengukuran DVO dengan Foto Sefalometri

Sefalometri adalah ilmu yang mempelajari bagian-bagian tertentu dari kepala dengan pengukuran kuantitatif untuk mengetahui pola kraniofasial. Beberapa manfaat sefalometri radiografik adalah untuk mempelajari pertumbuhan dan perkembangan kraniofasial, mengidentifikasi atau menganalisis kelainan kraniofasial, mengetahui tipe fasial, merencanakan perawatan ortodontik, evaluasi kasus yang telah dirawat ortodontik, analisa pergerakan fungsional rahang bawah, dan untuk melakukan penelitian (Ahmed et al., 2016). Pada pemeriksaan sefalometri, pengukuran linear dan angular dilakukan, dan beberapa titik tertentu ditandai dengan akurat pada radiografi.

Analisis ukuran dan bentuk skeletal akan dihasilkan dari implementasi hasil pengukuran ini dalam berbagai cara. Secara tradisional, penempatan titik dan pengukuran hanya dilakukan dengan menapaki (tracing) outline pada radiografi tengkorak dan mengukurnya secara manual. Namun, dewasa ini sudah ada sistem yang digunakan secara luas untuk analisis komputer dari bentuk skeletal setelah meletakkan koordinat secara manual pada radiografi (Ciftçi et al., 2005; Saratti et al., 2017).

Titik spina nasalis posterior (SNP), titik spina nasalis anterior (SNA), titik gonion (Go), dan titik gnation (Gn) adalah titik referensi yang dipilih untuk evaluasi DVO. Selanjutnya, garis-garis bidang yang diperlukan untuk analisis yang dipilih ditelusuri melalui titik-titik tersebut (Wiro and Habar,





Gambar 1. 2 Tracing dari bidang oklusal gigi tiruan lengkap, bidang bispinal (antara titik gonion dan titik gnation).

Sudut antara bidang bispinal dan bidang rahang bawah yang diukur untuk mengevaluasi DVO. (Sumber: Enkling N, Enkling-Scholl J, Albrecht D, Bornstein MM, Schimmel M. Determination of the occlusal vertical dimension in edentulous patients using lateral cephalograms. J Oral Rehabil. 2018)

Tanda-tanda penting pada sefalometri radiografi adalah titik-titik yang dapat digunakan sebagai petunjuk dalam pengukuran atau untuk membentuk suatu bidang. Titik-titik tersebut antara lain: (Morais et al., 2016; Uma et al., 2013)

- Nasion (Na/N) adalah titik paling anterior sutura frontonasalis pada bidang sagital tengah.
- Spina nasalis anterior (SNA) adalah proyeksi paling anterior dari premaksila pada garis tengah di bawah rongga hidung.
- Spina nasalis posterior (SNP) adalah proyeksi paling posterior dari palatum keras pada garis tengah.
- Titik A (subspinal) adalah titik paling dalam antara SNA dan prosthion.
- Titik B (supramental) adalah titik paling dalam antara infradental dan pogonion.
- Pogonion (Pog/Pg) adalah titik paling anterior tulang dagu pada bidang tengah.
- Gnathion (Gn) adalah titik paling anterior dan paling inferior dari dagu.
- Menton (Me) adalah titik paling inferior dari simfisis atau titik paling bawah dari rahang bawah.



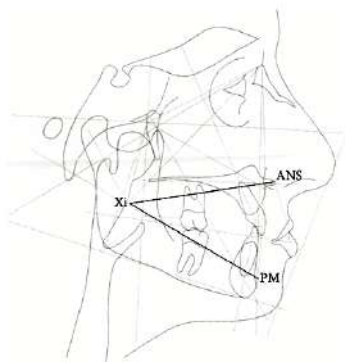
on (Go) adalah titik paling inferior dan posterior pada sudut libula.

al (Or) adalah titik yang paling bawah pada tepi bawah tulang l.

n (Po) adalah titik paling luar dan paling superior ear rod.

tursika (S) adalah titik tengah fossa hipofisial

Foto sefalometri memungkinkan mengukur dimensi vertikal dengan lebih akurat. Dalam hal ini, digunakan analisis Ricketts karena sederhana dan hanya digunakan 3 poin: SNA, Pm, dan Xi (Morais et al., 2016; Vinnakota et al., 2016; Zielak et al., 2014). Analisis ini menggunakan ketinggian wajah bawah atau *lower face height* (LFH) sebagai parameter tambahan untuk pembentukan kembali DVO. Besar sudut ideal untuk mendapatkan DVO yaitu $47.0^\circ \pm 4.0$ (Ricketts, 2009).



Gambar 1. 3 Tinggi wajah bawah (LFH) dari analisis sefalometri lateral Ricketts = sudut antara bidang yang dibentuk oleh tulang belakang hidung anterior ke titik Xi (ANS-Xi) dan titik Xi ke tonjolan menti (Xi-PM). Parameter koadjutan untuk pembentukan kembali DVO. Xi = central point of the ascendant ramus of the mandible; ANS = anterior nasal spine; Pm = mental protuberance. (Sumber: Zielak JC, Gulin Neto D, da Cunha LF, Deliberador TM, Giovanini AF. Cephalometric approach to the occlusal vertical dimension reestablishment. Case Rep Dent. 2014)

2. Pengukuran DVI dengan Foto Digital

Saat ini, pemindai tiga dimensi dan foto dua dimensi digunakan untuk mengukur ukuran tubuh manusia. Ketika pengukuran jaringan lunak diperlukan, foto wajah merupakan representasi yang baik dari tampilan klinis karena lebih akurat daripada analisis sefalometri. Otot wajah memiliki ketebalan, panjang, dan tonus yang berbeda, jadi pemeriksaan radiografis tidak cocok untuk mengevaluasi jaringan ini dengan tepat. Tidak seperti radiografi, banyak ahli bedah plastik menggunakan foto wajah sebagai dasar operasi mereka (Sun et al., 2021; Tavano et al., 2012).

Kemajuan teknologi yang cepat saat ini memungkinkan pengiriman data seperti foto wajah melalui internet, yang memungkinkan pengumpulan data pengukuran digital melalui foto wajah dengan cepat. Di dunia kedokteran,



di bidang kedokteran gigi, media foto sudah tidak asing lagi. Penelitian telah menggunakan foto digital sebagai pembandingan dan khususnya jika berkaitan dengan wajah. Studi menggunakan foto dan sesudah perawatan untuk menilai dampak peningkatan vertikal pada estetik wajah telah dilakukan. Proporsi golden ratio diukur dengan menggunakan foto digital sebelum dan sesudah (Purba et al., 2020; Uma et al., 2013).

Berdasarkan penelitian Gomes, dimensi vertikal oklusi diukur pada subjek mahasiswa Brazil dengan foto digital. Pengukuran dilakukan menggunakan software Hlimage ++97 untuk mengukur jarak dari dasar hidung ke ujung dagu dan dari sudut mata ke bibir. Kedua jarak ini dinyatakan sama besarnya. Dengan menggunakan kamera digital yang memiliki jarak 56 cm antara ujung hidung subjek dan lensa kamera dan ketinggian 112 cm pada tripod, ditemukan bahwa pengukuran dimensi vertikal fisiologis wajah dapat dilakukan pada foto wajah secara digital. Ini dilakukan karena tripod digunakan untuk mencegah distorsi saat memotret. Dengan rahang dalam posisi fisiologis, subjek duduk tegak menghadap kamera. Wirahadikusumah juga menyatakan bahwa dengan menggunakan foto digital untuk mengukur dimensi vertikal oklusi pada subjek mahasiswa FKG UI, mereka menemukan bahwa jarak dari dasar hidung ke ujung dagu dan dari sudut mata ke bibir dapat diukur secara langsung pada wajah atau secara tidak langsung dengan menggunakan Adobe Photo Shop (Sierpinska et al., 2009).

b. Pengukuran Secara Langsung

1. Pengukuran Wajah

a) Teknik Two Dots

Teknik two dots dilakukan dengan kepala pasien tegak sejajar dengan bidang Frankfurt horizontal dan nyaman di kursi dental. Kemudian, menggunakan jangka sorong yang menyentuh permukaan wajah tanpa tekanan, pengukuran dilakukan pada garis tengah wajah menggunakan dua titik, satu di hidung dan satu lagi di dagu, keduanya dipilih karena merupakan daerah yang tidak mudah bergerak akibat otot ekspresi. Karena murah, cepat, dan mudah digunakan, teknik ini sering digunakan di klinik. Hasil penelitian Geerts juga menunjukkan bahwa pengukuran dengan jangka sorong lebih tepat daripada pengukuran dengan Willis gauge karena angulasi alat yang tidak konsisten (Zielak et al., 2014).

b) Teknik Willis

Tiga hal yang harus diperhatikan saat menggunakan Willis Gauge untuk menghindari kesalahan. Pertama, posisi lengan statis di bawah hidung tidak akurat jika sudut naso labial terlalu besar. Kedua, posisi lengan bergerak yang salah bila bentuk dagu terhadap leher seperti gambar b di bawah. Ketiga, sumbu panjang alat sejajar dengan sumbu panjang wajah karena gagang atas menyentuh bibir atas dan dagu menyentuh regio menton (Basker et al., 2002).



fonetik

akan fonetik untuk mengevaluasi dimensi istirahat vertikal bergantung pada hubungan antara bicara dan jarak interoklusal di bidang oklusal dan lidah terhadap bite rim atau gigi. Huruf labial diucapkan tanpa kontak gigi, adalah huruf yang paling sering

digunakan untuk menunjukkan posisi istirahat. Tetapi pengucapan huruf ini biasanya terjadi antara bibir atas dan bawah, sehingga operator harus melihat jarak antara bite rim segera setelah bibir berpisah. Setelah itu, dilanjutkan dengan mengucapkan huruf labial p, namun pasien kadang-kadang menurunkan rahangnya saat mengucapkan huruf p (WINKLER, 2015).

Mencari jarak bicara terdekat dengan fonetik

Setelah pasien dalam posisi duduk tegak dengan bidang oklusi sejajar dengan lantai, pasien diminta untuk mengucapkan huruf "s", "ya", atau "siss" berulang kali (Purba et al., 2020). Saat mengucapkan huruf "s", jarak antara bite rim atau gigi palsu harus minimal 1 atau 2 milimeter. Pada pasien dengan DVO yang sudah tepat pada hubungan rahang Kelas I atau Kelas II terkadang lebih besar dari 1 atau 2 milimeter. Setelah dilakukan pengamatan kurang lebih tiga tahun, ditemukan bahwa ini adalah fenomena yang konsisten (Shanahan, 2004).

3. Metode Penelanan

Selama proses penelanan saliva, mandibula meninggalkan posisi istirahat dan naik ke posisi DVO alami. Kemudian, saat lidah mendorong saliva ke belakang ke dalam faring, mandibula mundur bersama lidah ke posisi sentrik alami. (McGee, 1947) Dalam pembuatan GTL metode penelanan, diyakini bahwa malam lunak pada bite rim akan berkurang secara otomatis saat pasien melakukan penelanan, sehingga dimungkinkan untuk mendapatkan dimensi vertikal oklusal yang tepat (McGee, 1947; WINKLER, 2015).

4. Biting Forces

Teori ini didasarkan pada gagasan bahwa mandibula dapat memberikan gaya menutup maksimal dalam posisi istirahat. Besar gaya maksimum yang terjadi kemudian diukur dengan force meter yang diletakkan pada dasar basis rahang atas dan bawah (WINKLER, 2015).

5. Metode Taktil

Dikenal juga sebagai metode persepsi neuromuskular. Dalam metode ini, pasien menekan malam lunak dari galangan gigit bawah ke galangan gigit atas (WINKLER, 2015) dari rasa tidak nyaman sampai pasien merasakan hubungan rahang yang nyaman.



an Antropometrik

ut Leonardo da Vinci dalam artikel oleh McGee, DVO seringkali dengan hal-hal seperti jarak antara cantus luar mata satu sisi ke ar mata yang lain, tinggi telinga vertikal, dua kali panjang mata, sontal antar pupil, dan tinggi hidung vertikal di tengah garis (1947).

7. Rumus Hayakawa

Keharmonisan morfologi dari bentuk wajah dan penampilan memengaruhi metode penentuan DVO menurut rumus Hayakawa. Hubungan horizontal rahang ditentukan dengan alat bantu Gothic arch tracer. Untuk pemula, alat ini dianggap mudah digunakan. Terdiri dari intraoral tracing device, red indicator bar, dan adjustable central bearing palate. Caranya pasien duduk pada posisi tegak dengan kepala lurus ke depan dan Frankfurt Horizontal Plane (FHP) sejajar lantai. Dibuat titik-titik patokan untuk pengukuran yaitu pupil point, zygomatic point, subnasion, cheilion, gnathion dll. Jika sudah didapatkan titik-titik patokan tersebut, untuk melakukan pengukuran selanjutnya ditentukan terlebih dahulu profil pasien apakah cembung, lurus atau cekung. Kemudian diukur jarak dari center of pupil ke sudut mulut (p-Ch) dan jarak dari center of pupil ke inferior border hidung (p-SN). Setelah itu plat Gothic arch tracer diputar dan disesuaikan dengan V shaped notch dari hidung kemudian diukur jarak antar pupil (p-p) dan jarak dari zygomatic points (Zy-Zy) dan panjang dari telapak tangan kiri (Gürbulak and Kocaağaoğlu, 2015).

Akhir pengukuran tersebut ditentukan dengan rumus Hayakawa, jarak Subnasion-Gnathion (Sn-Gn) $Sn - Gn = 3,95 + 1,16 \times (\text{gender}) + 1,45 \times (\text{profil}) + 0,11 \times \text{panjang telapak tangan} + 0,91 \times p\text{-Ch} + 0,10 \times p\text{-p} + 0,10 \times (Zy\text{-}Zy) - 0,93 \times (p\text{-}SN)$ [unit mm] (Hayakawa, 1999).

atau dengan rumus lain yang lebih sederhana :

$$SN\text{-}Gn = 16 + 0.65 \times (p\text{-}Ch) \text{ [unit mm]}$$

$$Zy\text{-}Gn = 24.6 + (p\text{-}Ch) \text{ [unit mm]}$$

Keterangan :

Sn = subnasion (tepi inferior hidung)

Gn = gnathion (titik inferior dagu)

p = pupil point (pupil mata)

Zy = zygomatic point (permukaan lateral dari prosesus zygomatic)

Ch = cheilion (sudut tepi mulut)



1.2.3 Kesalahan Dalam Penentuan Dimensi Vertikal

Penentuan hubungan rahang harus dilakukan dengan benar agar didapatkan protesa yang nyaman, sehat untuk jaringan pendukung, dan berfungsi dengan baik. Kesalahan dalam penentuan hubungan rahang dapat menyebabkan kegagalan protesa (Madan and Kathuria, 2010). Salah menentukan dimensi vertikal akan berakibat dua hal. Jika DVO terlalu besar, artinya hubungan antara hidung dan dagu lebih besar daripada ketika gigi pasien masih ada. Ketika pasien ingin mengistirahatkan rahangnya, tetapi masih terjadi kontak oklusi, otot elevator tidak mendapatkan waktu yang cukup untuk kembali ke posisi istirahat, yang menyebabkan kelelahan otot dan tumpukan zat metabolit, yang pada akhirnya dapat menyebabkan spasme dan sakit dalam jangka panjang (Aruna et al., 2012; Basker et al., 2002; Ellinger, 1975).

Setelah jarak vertikal kembali normal, beban berlebih dapat menyebabkan resorpsi pada puncak tulang alveolar (Aruna et al., 2012; Silverman, 1962). Dari luar wajah, DV yang terlalu besar akan membuat wajah terlihat lebih panjang dan bibir tidak dapat berfungsi. Jika DVO terlalu rendah, bibir akan menutup dengan sangat rapat, garis bibir memanjang, batas vermillion tipis, dan biasanya kerutan di bibir dan dagu terlihat terlalu maju ke depan. Selain itu, hal ini berdampak pada penurunan efisiensi mastikasi, serta mempercepat proses penuaan pada pasien tidak bergigi (Binu, 2008).



Gambar 1. 4 DVO terlalu besar; kanan: DVO terlalu kecil/rendah.

(Sumber: Hayakawa I. 1999. Principles and Practices of Complete Dentures: Creating the Mental Image of a Denture. Quintessence Pub. Co.)

1.2.4 Sensor Proximity Berbasis Arduino

Sensor proximity infrared merupakan perangkat sensor atau saklar yang berfungsi mendeteksi keberadaan target tertentu tanpa adanya kontak fisik. Sensor ini umumnya menggunakan teknologi solid-state yang diisolasi secara rapat untuk melindungi dari berbagai pengaruh eksternal seperti korosi, zat kimia, cairan, dan getaran berlebih. Sensor proximity infrared cocok digunakan untuk mendeteksi objek yang lembut atau kecil untuk memonitor.



Optimized using
trial version
www.balesio.com

akan mekanisme saklarnya (Khaharsyah et al., 2021). Sensor didasarkan pada gelombang Inframerah dan terus-menerus alui kombinasi terintegrasi dari Detektor Sensitif Posisi (PSD), amerah (IRED), dan sirkuit pemrosesan sinyal dalam kisaran 150 mengganggu cahaya yang dipancarkan oleh dioda sensor, ia jarak antara objek dan dirinya sendiri.³⁸ Sensor ini mempunyai pasang, mampu mendeteksi keberadaan target tertentu tanpa

adanya kontak fisik, tahan terhadap korosi, zat kimia, cairan dan getaran berlebih (Chapron et al., 2020; Khaharsyah et al., 2021).

1.2.5 Alat Ukur Dimensi Vertikal Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Proximity

Salah satu upaya untuk mengatasi kekurangan dari penggunaan foto sefalometri sebagai alat penentuan dimensi vertikal, peneliti tertarik mengembangkan sebuah alat ukur dimensi vertikal menggunakan sensor proximity berbasis Arduino. Sensor bertujuan untuk mengukur dimensi vertikal yaitu jarak antara rahang atas dan rahang bawah.

Alat Pengukur Dimensi Vertikal Oklusi (VDO) Berbasis sensor proximity dan Arduino, yang dirancang untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam penentuan dimensi vertikal oklusi (VDO) pada pasien edentulous atau gigi tiruan terdiri dari:

- a. Sebuah head gear yang dipasangkan di kepala pasien untuk mendukung penempatan alat pengukur.
- b. Sebuah plat yang dipasang pada rahang bawah pasien untuk memastikan pengukuran dimensi vertikal oklusi yang akurat.
- c. Sensor proximity infrared yang berfungsi untuk mendeteksi jarak antara komponen alat dengan target yang terpasang pada rahang pasien, tanpa kontak fisik, menggunakan gelombang inframerah.
- d. Angka pengukuran dimensi vertikal oklusi pasien saat alat ini dioperasikan akan ditampilkan secara real-time pada UI web ESP32 (192.168.4.1)
- e. Arduino Uno yang berfungsi sebagai mikrokontroler untuk mengendalikan sensor proximity dan menampilkan hasil pengukuran.

Dengan menggunakan alat sensor proximity berbasis Arduino ini, operator dapat mengukur dimensi vertikal dengan lebih mudah dan lebih efisien. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas hidup pasien dengan menghasilkan gigi tiruan yang lebih stabil dan retentif.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara mengembangkan alat ukur dimensi vertikal menggunakan sensor proximity berbasis Arduino yang dapat diterapkan dalam praktik kedokteran gigi?
2. Bagaimana tingkat akurasi dan waktu pengukuran alat ukur dimensi vertikal berbasis sensor proximity Arduino jika dibandingkan dengan analisis sefalometri pada pasien edentulous?
3. Bagaimana uji coba penggunaan alat ukur dimensi vertikal berbasis sensor proximity dapat dioptimalkan untuk meningkatkan kualitas pengukuran dalam pembuatan gigi tiruan?



n
:

hasil pengukuran antara alat ukur dimensi vertikal sensor Arduino dengan analisis sefalometri dalam penentuan dimensi

1.4.2 Tujuan Khusus :

1. Mengembangkan desain dan prototipe alat ukur dimensi vertikal menggunakan sensor proximity berbasis Arduino yang dapat digunakan dalam pengukuran dimensi vertikal di bidang Prostodontik.
2. Melakukan uji coba alat ukur berbasis Arduino pada pasien edentulous untuk mengukur dimensi vertikal dan membandingkan hasilnya dengan analisis sefalometri.
3. Menganalisis efektivitas dan efisiensi penggunaan alat ukur sensor proximity berbasis Arduino dibandingkan dengan analisis sefalometri dalam mengukur dimensi vertikal.
4. Menyusun rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut dan optimalisasi alat ukur berbasis sensor proximity Arduino dalam konteks klinis.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Teoritis

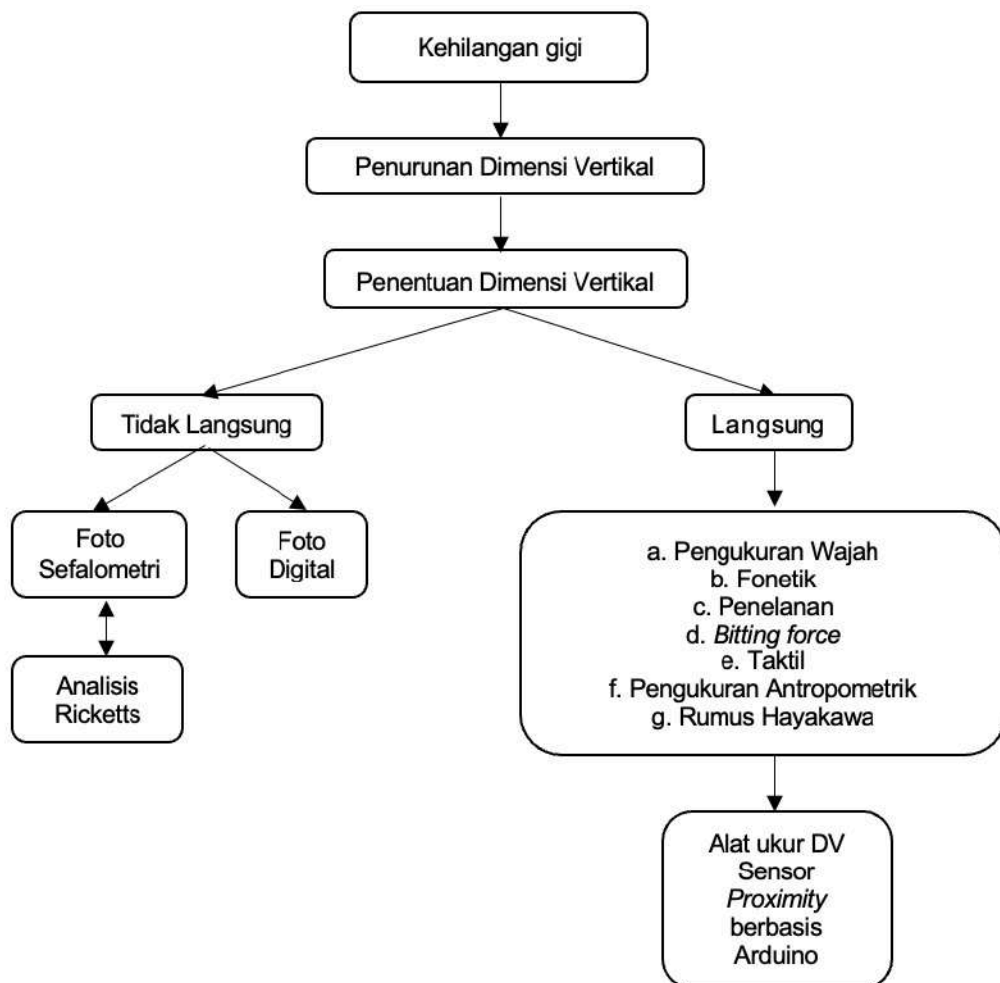
1. Menambah pengetahuan tentang alat ukur sensor proximity berbasis Arduino dapat meningkatkan akurasi dalam menentukan dimensi vertikal. Dimensi vertikal oklusi yang ditentukan dengan benar memberikan penampilan pasien yang memadai, memungkinkan mengunyah secara efisien dan mencegah disfungsi sendi rahang. Dengan teknologi ini, kesalahan yang disebabkan oleh penilaian manual dapat diminimalisir.
2. Penelitian ini dapat mendorong perkembangan teknologi baru di bidang kedokteran gigi. Penggunaan sensor-sensor canggih menunjukkan bahwa teknologi dapat diterapkan untuk memecahkan masalah klinis dan meningkatkan hasil perawatan. Hal ini juga dapat memicu inovasi lebih lanjut dalam pembuatan alat-alat kedokteran gigi yang lebih canggih dan efektif.
3. Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan edukasi dan pelatihan bagi profesional kesehatan gigi dengan mempelajari dan mengadopsi teknologi baru, dokter gigi dapat meningkatkan keterampilan mereka dan memberikan perawatan yang lebih baik kepada pasien.
4. Penggunaan sensor proximity berbasis Arduino memungkinkan pengumpulan data yang lebih tepat dan terperinci tentang dimensi vertikal. Data ini bisa sangat berguna untuk penelitian lebih lanjut dan pengembangan teknologi serta metode perawatan yang lebih inovatif di masa depan.

1.5.2 Manfaat Kepada Masyarakat

1. Peningkatan akurasi dan teknologi yang lebih baik, proses penentuan dimensi vertikal dapat dilakukan lebih cepat dan efisien. Hal ini berarti waktu yang dibutuhkan untuk pengobatan pasien dapat dipersingkat, sehingga dokter gigi dapat menangani lebih banyak pasien dengan waktu yang lebih singkat. Pasien tidak menunggu terlalu lama untuk mendapatkan hasil yang optimal. Hal ini berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup pasien dengan perawatan gigi yang lebih baik dan nyaman. Dimensi vertikal oklusi yang ditentukan dengan benar memberikan penampilan pasien yang memadai, memungkinkan mengunyah secara efisien dan mencegah disfungsi sendi



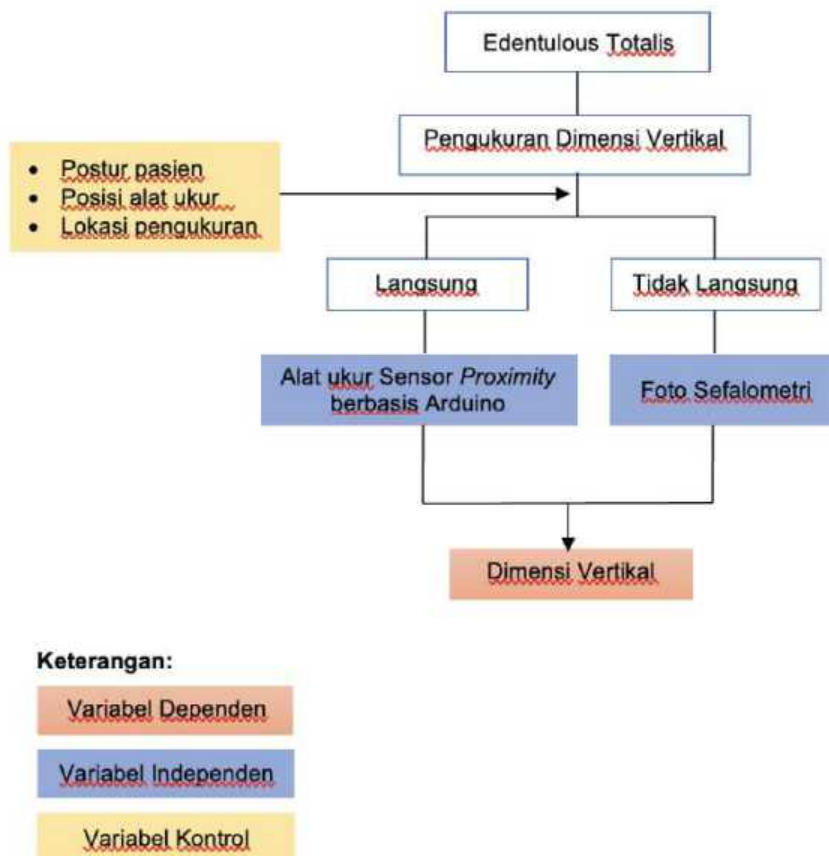
1.6 Kerangka Teori



Gambar 1. 5 Kerangka Teori



1.7 Kerangka Konsep



Gambar 1. 6 Kerangka Konsep

1.8 Hipotesis Penelitian

1.8.1 Hipotesis Mayor

Tidak terdapat perbedaan signifikan hasil pengukuran dimensi vertikal antara alat ukur sensor proximity berbasis Arduino dengan analisis sefalometri.

1.8.2 Hipotesis Minor

1. Pengukuran dimensi vertikal dengan alat ukur sensor proximity berbasis Arduino memiliki perbedaan dalam tingkat efektivitas dan efisiensi dengan pengukuran menggunakan analisis sefalometri pada pasien edentulous.
2. Alat ukur berbasis sensor proximity berbasis Arduino lebih efisien dan praktis dibandingkan dengan metode sefalometri, dengan hasil pengukuran yang lebih akurat dan mudah diakses oleh praktisi kedokteran gigi.
3. Hasil pengukuran dimensi vertikal sensor proximity berbasis Arduino menghasilkan data yang lebih stabil dan konsisten dengan tingkat kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan metode sefalometri, sehingga lebih dapat diandalkan untuk digunakan pada pasien edentulous.



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian experimental, dengan design penelitian randomized controlled trial.

2.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di RSGMP Universitas Hasanuddin bagian Prostodonsia pada bulan Juli-September 2025.

2.3 Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah pasien dengan edentulous totalis. Teknik pengambilan sampel adalah *accidental sampling*.

2.3.1 Kriteria Sampel Penelitian

Kriteria inklusi:

- Pasien dengan edentulous totalis yang akan dirawat dengan menggunakan gigi tiruan lengkap (GTL).
- Tidak ada deviasi atau keterbatasan saat membuka mulut.
- Tidak ada asimetri wajah
- Relasi rahang normal

Kriteria Eksklusi:

- Terdapat deviasi atau keterbatasan saat membuka mulut
- Wajah asimetri
- Relasi rahang tidak normal
- Pasien tidak bersedia menjadi koresponden penelitian.

2.4 Variabel Penelitian

- a. Variabel independen: Alat ukur sensor proximity berbasis Arduino dan foto sefalometri.
- b. Variabel dependen : Dimensi vertikal
- c. Variabel kontrol : Postur pasien, posisi alat ukur, dan lokasi pengukuran

2.5 Definisi Operasional Variabel



Optimized using
trial version
www.balesio.com

Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional	Cara Mengukur	Alat Ukur	Skala Penelitian
Alat ukur yang dikembangkan untuk mengukur	Ditentukan melalui kalibrasi alat yang	Measurement System Analysis	Rasio

	berbasis Arduino	dimensi vertikal. Komponen alat ini terdiri dari <i>head gear</i> , plat pada rahang bawah, sensor proximity, mikrokontroler Arduino, dan UI web ESP32 (192.168.4.1).	dilakukan oleh tim dari laboratorium teknik informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin		
2.	Foto Sefalometri	Foto radiologi lateral wajah sebagai Gold Standar dalam menentukan dimensi vertikal. menggunakan ketinggian wajah bawah atau lower face height (LFH) sebagai parameter tambahan untuk pembentukan kembali DVO.	Dilakukan analisis <i>Ricketts</i> dengan Besar sudut ideal untuk mendapatkan DVO yaitu $47.0^\circ \pm 4.0$.	Software Blue Sky Plan (Blue Sky Bio, USA)	Rasio
3.	Dimensi vertikal	Jarak antara suatu titik pada rahang atas dan rahang bawah dengan gigi dalam posisi intercuspation maximum	Dilakukan pengukuran secara langsung dan tidak langsung	Alat penelitian sensor proximity berbasis Arduino dan analisis sefalometri	Rasio
4	Postur pasien	Posisi badan dan kepala tegak lurus dengan lantai dan pasien melihat lurus kedepan.	Dikontrol dan dipastikan sesuai standar untuk semua sampel penelitian.	Goniometer	Ordinal
5.	Posisi alat ukur	Penempatan alat ukur pada pasien sesuai dengan prosedur	Dikontrol dan dipastikan sesuai standar untuk semua sampel penelitian.	Laser distance meter	Ordinal
		Tempat dilakukan prosedur pengukuran	Dikontrol dan dipastikan sesuai standar untuk semua sampel penelitian.	Identifikasi lokasi pengukuran sudah sesuai standar	Ordinal



2.6 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Foto sefalometri
2. Mikrokontroler esp 32 T-OI-PLUS (LilyGo, Guangdong, China)
3. Baterai 16340 750 mAh (Doublepow, Guangdong, China)
4. Sensor proximity TOF VL6180X (XHS, Guangdong, China)
5. 3D Printer Anycubic Ender 3 Pro (Creality, Shenzhen, China)
6. 3D Printer Anycubic Photon Mono M7 (Anycubic, Shenzhen, China)
7. Oral scanner shining 3D Aoralscan 2 (Shining 3D, Hangzhou, China)
8. Anycubic Wash and Cure 3 (Anycubic, Shenzhen, China)
9. CNC cutting fiber laser FL-C10000 Gen 1 (Pioneer CNC, Malang, Indonesia)
10. Alat tulis (kertas, pulpen, dan spidol)
11. Handscoon (Safe Glove, Surat Thani, Thailand)
12. Masker (OneMed, Jawa Timur, Indonesia)
13. Headcap (Diapro, Surabaya, Indonesia)
14. Gown
15. Digital kaliper (Tactix, China)
16. Alat diagnostik set
17. Kamera Canon EosRP Mirrorless, lensa canon EF 100mm macro (Canon, Tokyo, Japan)
18. Lembar *Informed Consent*

Bahan yang digunakan:

1. Alkohol 70%
2. Alginate (Hygedent, China)
3. Dental wax (Cavex, Harleem, Belanda)
4. Resin akrilik 3D Print Esun Dental Tray 500 gram (eSUN, Shenzhen, China)

2.7 Prosedur Penelitian

2.7.1 Desain Alat

Desain alat dibuat dengan menggunakan aplikasi Autodesk Inventor. Alat ini terdiri dari *head gear*, plat, sensor proximity, mikrokontroler Arduino, dan UI web ESP32 (192.168.4.1).



1 Desain alat ukur sensor proximity berbasis Arduino

2.7.2 Pembuatan Alat

Alat dibuat di laboratorium Teknik informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.



Gambar 2. 2 Alat ukur dimensi vertikal sensor proximity berbasis Arduino

Dimensi alat:

- Head gear: diameter 20 cm, tinggi 9 cm (dapat disesuaikan)
- Alat ukur dengan sensor: 42 mm x 70 mm x 35 mm

Berat alat: 60 gram

2.7.3 Persiapan Pasien dan Pengukuran Dimensi Vertikal

1. Pemilihan subjek penelitian yang memenuhi kriteria.
2. Jika pasien setuju untuk mengikuti prosedur penelitian, pasien menandatangani *informed consent* untuk menjadi subjek penelitian.
3. Pencetakan, pembuatan basis dan bite rim rahang atas dan rahang bawah.



Gambar 2. 3 Basis dan bite rim rahang atas dan rahang bawah

4. Pengukuran kesejajaran bite rim rahang atas menggunakan fox plane modifikasi.

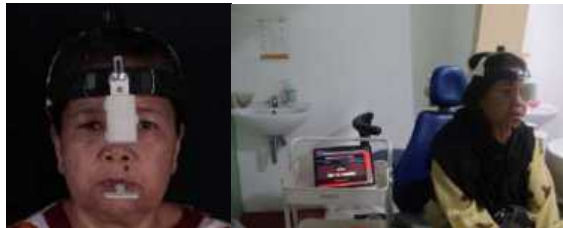


Gambar 2. 4 Proses penentuan kesejajaran



5. Pengukuran dimensi vertikal

- Subjek diinstruksikan duduk tegak dan rileks di dental unit.
- Tanpa menggunakan *bite rim* ukur DVI, pasang *head gear* alat ukur pada kepala Subjek.
- Pasang basis 3D print dengan plat pada rahang bawah. Instruksikan pasien untuk rileks.



Gambar 2. 5 Proses pengukuran dimensi vertikal

- Tekan tombol ON dan alat akan mengukur jarak antara sensor dan plat pada rahang bawah, hasil pengukuran DVI akan tampil pada UI web ESP32 ((192.168.4.1)).
- Selanjutnya hasil DVI dikurangi dengan *free way space* (2mm) untuk mendapatkan DVO.
- Pasang *bite rim* rahang atas dan rahang bawah, lakukan penyesuaian dengan menambah atau mengurangi *bite rim* sesuai dengan DVO yang telah ditentukan dengan rumus.
- Pasang plat pada *bite rim* rahang bawah, ukur DVO dengan alat ukur sensor proximity berbasis Arduino.



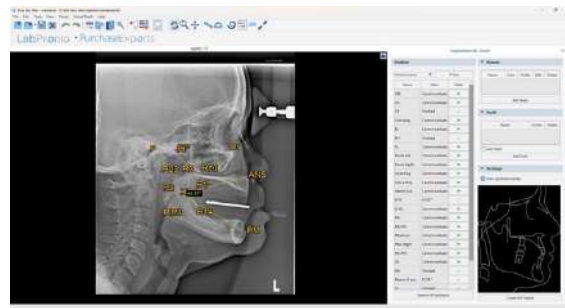
Gambar 2. 6 Hasil pengukuran dimensi vertikal yang ditampilkan pada web interface

- Lakukan pengambilan foto sefalometri. Foto sefalometri DVO dianalisis dengan analisis *Ricketts*.



Gambar 2. 7 Proses pengambilan foto sefalometri





Gambar 2. 8 Analisis sefalometri dengan program Blue Sky Plan

6. Tabulasi hasil pengukuran dimensi vertikal.
7. Terakhir, membandingkan hasil pengukuran DVO antara alat ukur sensor Proximity berbasis Arduino dengan pengukuran menggunakan foto sefalometri.

2.8 Analisis Data

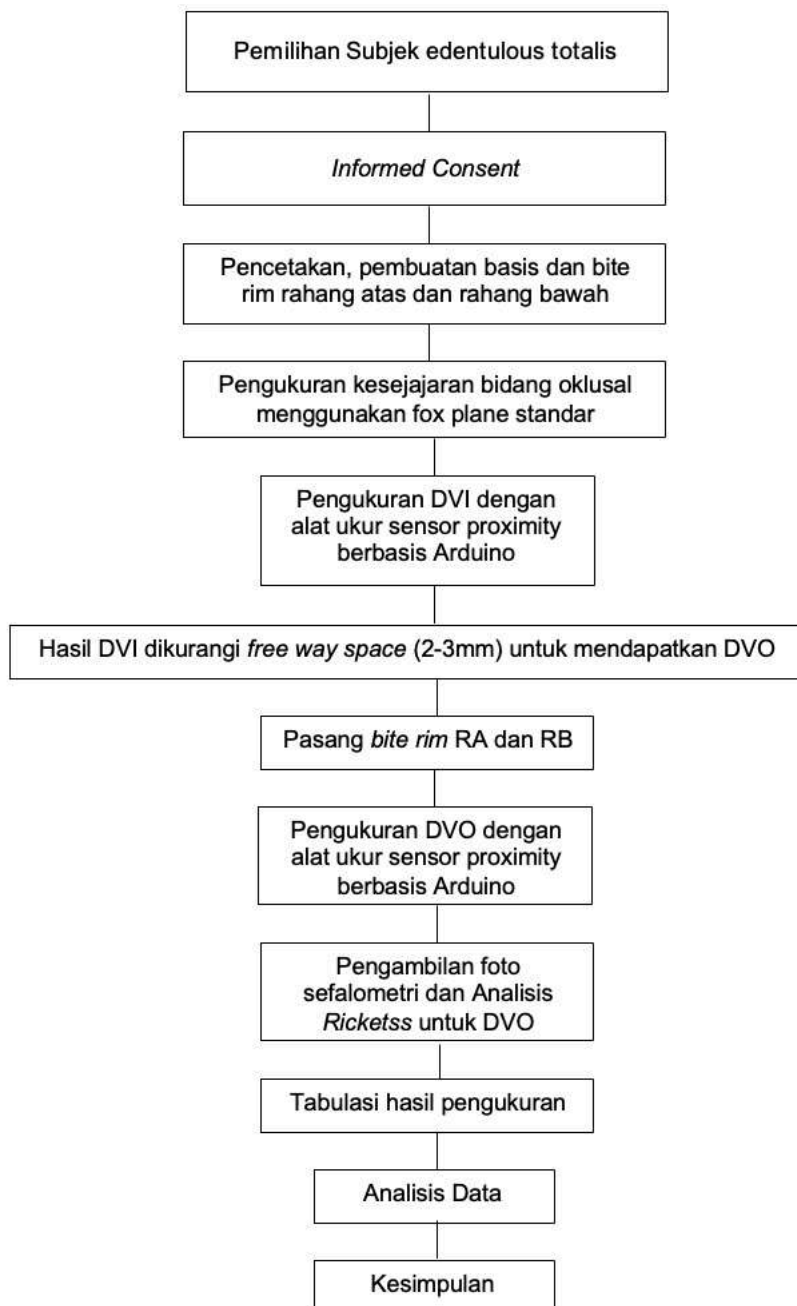
Analisis data: Data primer yang didapatkan dari bagian Prostodonsia RSGMP Unhas. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan uji Saphiro-Wilk untuk mengetahui distribusi data (karena data pengamatan < 50 sampel, jika hasil uji statistik nilai $p > 0.05$ maka data terdistribusi normal) dan dianalisis dengan uji Levene untuk melihat homogenitas data. Jika data terdistribusi normal ($p > 0,05$) maka dilanjutkan dengan menggunakan T-Test Independent untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan bermakna.

Jenis Data : Data primer
 Pengolahan data : IBM SPSS statistics V.24
 Penyajian data : Dalam bentuk tabel dan diagram.



Optimized using
 trial version
www.balesio.com

2.9 Alur Penelitian



Gambar 2. 9 Alur Penelitian

