



ARTIKEL RISET

URL artikel: <http://e-jurnal.fkg.umi.ac.id/index.php/Sinnunmaxillofacial>

Efektivitas Permainan “Who Is It” dalam Meningkatkan Pengetahuan Kesehatan Gigi Anak SD 126 Palembang

Muspaga Alnauli Nurfaiza¹, Sulistiawati², Indah Fasha Palingga³, ^KMartha Mozartha⁴,
Sri Wahyuningsih Rais⁵, Hema Awalia³, Trisnawaty K⁵

¹Program Studi Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya

²Departemen Periodonsia, Program Studi Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya

³Departemen Ilmu Kesehatan Gigi Masyarakat, Program Studi Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya

⁴Departemen Biomaterial, Program Studi Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya

⁵Departemen Prostodontia, Program Studi Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran, Universitas Sriwijaya

Email Penulis Korespondensi (K): marthamozartha@fk.unsri.ac.id

muspaga@gmail.com¹, sulistiawati.setiaji@gmail.com², indahfasha@unsri.ac.id³,
marthamozartha@fk.unsri.ac.id⁴, sri_wrais@yahoo.co.id⁵, hemaawalia.ha@gmail.com³, trishfen@gmail.com⁵

ABSTRAK

Pendahuluan: Data Riskesdas 2018 di Sumatera Selatan, prevalensi masalah gigi dan mulut tercatat sebesar 52,41%, dengan persentase tertinggi ditemukan pada kelompok usia 5-9 tahun (62,01%) dan 10-14 tahun (49,69%). Salah satu upaya promotif sejak dini di tingkat sekolah dasar untuk mencegah kerusakan gigi dan jaringan periodontal di masa depan dengan pendekatan edukatif yang dinilai efektif bagi anak-anak adalah melalui metode permainan. **Tujuan Penelitian:** Mengetahui efektivitas permainan “Who is it” dalam meningkatkan pengetahuan kesehatan gigi mulut anak SD 126 Palembang. **Bahan dan Metode:** Penelitian kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimental melalui rancangan *one-group pre-test-post-test*. Sampel penelitian berjumlah 50 subjek yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Tingkat pengetahuan kesehatan gigi dan mulut diukur sebelum dan sesudah intervensi permainan “Who is it” menggunakan instrumen kuesioner yang terdiri atas 6 pertanyaan. Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji *Wilcoxon Signed-Rank Test*. **Hasil:** Terdapat perbedaan yang signifikan skor pengetahuan sebelum dan setelah bermain “Who is it” dengan nilai *p-value* = 0.000. **Kesimpulan:** Penggunaan permainan “Who is it” secara signifikan efektif dalam meningkatkan pengetahuan kesehatan gigi dan mulut pada siswa SD Negeri 126 Palembang.

Kata kunci: Anak; promosi kesehatan gigi; permainan; pengetahuan kesehatan gigi mulut; permainan *Who Is It*

PUBLISHED BY:

Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Pajong Dg. Nagalle. 27 Pab’batong (Kampus I UMI)
Makassar, Sulawesi Selatan.

Email:

sinnunmaxillofacial.fkgumi@gmail.com.

Article history:

Received 18 Feb 2025

Received in revised form 23 Mar 2026

Accepted 27 Mar 2026

Available online 30 Apr 2026

licensed by [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



ABSTRACT

Introduction: According to data from the 2018 Basic Health Research (Riskesdas) in South Sumatra, the prevalence of dental and oral health problems was 52.41%. The highest prevalence was observed in the 5–9 age group (62.01%), followed by the 10–14 age group (49.69%). One early preventive effort at the elementary school level to reduce the risk of future dental and periodontal diseases is health promotion through educational approaches. For children, play-based learning is considered an effective method. **Objective:** To evaluate the effectiveness of the “Who is it” game in improving oral health knowledge among elementary school students at SD 126 Palembang. **Materials and Methods:** This quantitative study utilized a quasi-experimental design with a one-group pre-test/post-test approach. A total of 50 subjects were selected as the study sample through purposive sampling. Oral health knowledge was assessed before and after the intervention using a validated 6-item questionnaire. Data were statistically analyzed using the Wilcoxon signed-rank test. **Results:** There was a significant difference in knowledge scores before and after playing the “Who is it” game, with a p-value of 0.000. **Conclusion:** The “Who is it” game significantly improved the oral health knowledge of students at SD 126 Palembang, demonstrating its potential as an innovative educational tool for oral health promotion.

Keywords: Children; dental health promotion; dental health knowledge; Who Is It board game

PENDAHULUAN

Pengetahuan merupakan faktor yang membentuk perilaku seseorang. Kurangnya pengetahuan menyebabkan perilaku yang buruk dalam menjaga kesehatan gigi dan mulut. Gigi dan mulut sehat dapat terwujud jika pengetahuan serta perilaku memelihara kesehatan gigi mulut baik dan benar.¹ Menurut WHO (*World Health Organization*), kesehatan gigi mulut sangat penting guna peningkatan kualitas hidup yaitu kondisi terbebas dari permasalahan mulut, kanker tenggorokan, infeksi mulut dan luka, penyakit periodontal, kerusakan gigi, kehilangan gigi, serta penyakit yang lain.² Hasil Riskesdas 2018 mencatat proporsi masalah gigi dan mulut sebesar 57,6%. Prevalensi masalah kesehatan gigi dan mulut di Sumatera Selatan yaitu sebesar 52,41% dengan presentase tertinggi sebesar 62,01% yang terjadi pada kelompok umur 5-9 tahun dan peringkat kedua sebesar 49,69% yang terjadi pada kelompok umur 10-14 tahun.³

Hasil penelitian Wahyuni dkk, terdapat hubungan secara signifikan sikap anak dan karies gigi atau def-t, dipengaruhi oleh kebiasaan anak dalam memelihara kesehatan gigi yang tidak terlalu baik. Mengonsumsi makanan dan minuman yang manis dan lengket, serta tidak menggosok gigi setelah makan maupun sebelum tidur pada malam hari merupakan faktor kebiasaan yang dapat menyebabkan tingginya indeks plak dan menyebabkan karies gigi. Kejadian karies gigi yang tinggi pada anak disebabkan karena belum mengerti guna dari menjaga kesehatan gigi mulut.^{4,5} Upaya untuk mengatasi permasalahan ini yaitu dengan menjalankan promosi kesehatan. Pencegahan dengan cara promosi kesehatan sejak anak masih berada di sekolah dasar merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan gigi dan kerusakan periodontal di masa mendatang.⁶ Peneliti mengambil sasaran anak sekolah dasar karena pendidikan sekolah dasar merupakan fondasi dasar bagi perkembangan anak.⁷ Salah satu metode yang efektif bagi anak-anak dalam meningkatkan pengetahuan adalah belajar dan bermain. Ada berbagai media dalam melakukan promosi kesehatan yang dapat

digunakan pada anak sekolah dasar salah satunya menggunakan suatu permainan yang bersifat menarik, menyenangkan dan mudah dipahami oleh anak.⁸ Berdasarkan hasil penelitian Hutami dkk, permainan MOLEGI (Monopoli *Puzzle* Kesehatan Gigi) mampu meningkatkan pengetahuan siswa mengenai kesehatan gigi dan mulut.⁹ Narulita dkk menyatakan bahwa media *puzzle* berseri dapat membantu meningkatkan kemampuan menggosok gigi pada anak autis kelas dasar.¹⁰ Hal ini sejalan dengan penelitian Afdilla dkk, pengetahuan anak mengenai kesehatan gigi setelah melakukan permainan menggunakan ular tangga.¹¹

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan media permainan "*Who is it*" dalam melakukan penyuluhan kesehatan gigi dan mulut pada anak sekolah dasar. Permainan "*Who is it*" merupakan papan permainan yang dimainkan dengan cara membaca pertanyaan lalu menutup gambar yang merupakan jawaban salah. Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang efektivitas permainan "*Who is it*" dalam meningkatkan pengetahuan kesehatan gigi mulut anak SD 126 Palembang.

BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimental menggunakan rancangan *one group pre-test-post-test*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2024 di SD Negeri 126 Palembang. Sampel penelitian merupakan bagian dari populasi siswa kelas IV SD Negeri 126 Palembang berusia 10 tahun. Teknik pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling*. Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus Slovin, diperoleh jumlah sampel sebanyak 50 subjek. Kriteria inklusi pemilihan subjek ditentukan sebagai berikut: 1) Siswa yang dapat membaca dan memahami instruksi dengan baik, 2) Siswa yang hadir dan berpartisipasi selama kegiatan penelitian berlangsung, 3) Siswa yang bersedia menjadi subjek penelitian dan telah mendapatkan izin dari orang tua/wali. Sementara kriteria eksklusi yaitu: 1) Siswa yang tidak kooperatif selama proses penelitian berlangsung.

Pada penelitian ini, subjek terlebih dahulu menjalani pengukuran awal (*pre-test*) sebelum diberikan intervensi, yaitu melalui permainan "*Who is it*" yang dimainkan dalam kelompok kecil berpasangan (2 orang). Dalam permainan ini, subjek diminta menjawab 6 pertanyaan dengan cara menutup gambar yang merupakan jawaban salah. Kegiatan intervensi berlangsung selama 15 menit dan diakhiri dengan pengukuran akhir (*post-test*). Baik *pre-test* maupun *post-test* menggunakan instrumen kuesioner yang terdiri atas 6 pertanyaan pilihan ganda. Jawaban benar diberi skor 1 dan jawaban salah diberi skor 0. Skor akhir dihitung dengan cara membagi skor perolehan dengan skor maksimal (6) lalu dikalikan 100. Kriteria penilaian dikelompokkan menjadi: Baik (skor >75), Cukup (skor 50-75), dan Kurang (skor <50).

Analisis analitik dilakukan untuk mengetahui efektivitas media permainan “*Who is it*” dalam meningkatkan pengetahuan kesehatan gigi mulut anak sekolah dasar, menggunakan Shapiro-wilk untuk uji normalitas data. Data tidak berdistribusi normal, maka uji selanjutnya menggunakan *Wilcoxon signed rank test* dengan hasil uji $p < 0,05$ yang dilakukan menggunakan SPSS 25.

HASIL

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2024 di SD Negeri 126 Palembang. Sebelum pengambilan data, instrumen penelitian telah melalui uji validitas dan reliabilitas. Hasil uji validitas menunjukkan bahwa seluruh item pertanyaan pada kuesioner dinyatakan valid, karena nilai r hitung lebih besar daripada r tabel. Hasil uji reliabilitas menunjukkan bahwa seluruh item kuesioner bersifat reliabel, dengan nilai Cronbach’s alpha $> 0,60$. Selanjutnya, uji normalitas data dilakukan menggunakan uji Shapiro–Wilk. Hasil analisis menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal, dengan nilai $p = 0,006$ pada data *pre-test* dan $p = 0,000$ pada data *post-test*. Oleh karena itu, analisis pengaruh intervensi dilanjutkan menggunakan uji statistik non-parametrik *Wilcoxon Signed Rank Test*.

Karakteristik subjek berdasarkan jenis kelamin disajikan pada Tabel 1 di bawah ini. Berdasarkan Tabel 1, total sampel penelitian berjumlah 50 orang. Distribusi subjek didominasi oleh perempuan, yaitu sebanyak 28 subjek (56%), sedangkan subjek laki-laki berjumlah 22 orang (44%).

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Berdasarkan Jenis Kelamin Siswa Kelas IV Usia 10 Tahun SD 126 Palembang

Jenis Kelamin	Frekuensi	Persentase (%)
Laki-Laki	22	44
Perempuan	28	56
Total	50	100

Perubahan tingkat pengetahuan subjek sebelum dan sesudah intervensi permainan “*Who is it*” dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi frekuensi berdasarkan skor pengetahuan sebelum dan setelah bermain permainan “*Who is it*”

Kategori	<i>Pre Test</i>		<i>Post Test</i>	
	Frekuensi	%	Frekuensi	%
Kurang	31	62	0	0
Cukup	16	32	12	24
Baik	3	6	38	76
Total	50	100	50	100

Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa skor pengetahuan sebelum bermain permainan “*Who is it*” didominasi oleh kategori kurang, yaitu sebanyak 31 subjek (62%). Setelah dilakukan intervensi, terjadi peningkatan signifikan pada skor pengetahuan subjek, di mana kategori baik meningkat menjadi 38 subjek (76%) dan tidak ada lagi subjek yang berada dalam kategori kurang (0%).

Tabel 3. Perbandingan skor pengetahuan sebelum dan setelah bermain permainan “*Who Is It*” menggunakan uji *Wilcoxon signed rank test*

Kategori	Negative ranks		Positive ranks		Ties	p-value
	N	Mean rank	N	Mean rank		
Pre-test dan Post-test	0	0.00	49	25.00	1	0.000

Keterangan : *signifikan ($p < 0,05$), uji *Wilcoxon signed rank test*

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai *negative ranks* 0.00 artinya tidak terdapat penurunan dari skor *pre-test* ke *post-test*. Nilai *positive ranks* menunjukkan 49 sampel mengalami peningkatan skor dari *pre-test* ke *post-test* dengan rata-rata peningkatan skor sebesar 25.00. Pada tabel tertera nilai *ties* adalah 1 artinya terdapat 1 sampel yang memiliki skor sama pada *pre-test* ke *post-test*. Nilai *p-value* adalah 0.000 (< 0.05) maka dapat disimpulkan bahwa permainan “*Who is it*” efektif dalam meningkatkan pengetahuan kesehatan gigi mulut.

PEMBAHASAN

Hasil analisis data menunjukkan bahwa rata-rata skor pengetahuan tentang kesehatan gigi dan mulut setelah bermain permainan “*Who is it*” mengalami peningkatan yang bermakna ($p < 0,05$). Dengan demikian, H_a diterima dan H_0 ditolak, yang berarti bahwa permainan “*Who is it*” efektif dalam meningkatkan pengetahuan kesehatan gigi dan mulut anak. Hal ini dapat disebabkan oleh penggunaan permainan edukatif yang mendukung proses pembelajaran melalui konsep “belajar sambil bermain.”¹² Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Himmamie dkk, yang menyatakan bahwa papan permainan edukatif layak digunakan sebagai media edukasi kesehatan gigi mulut bagi anak usia sekolah.¹³

Permainan edukatif berpotensi besar untuk meningkatkan motivasi belajar peserta didik.¹⁴ Media permainan dapat mengembangkan kemampuan dalam berbagai aspek pembelajaran, meliputi aspek psikomotorik, afektif, serta kognitif. Pada aspek psikomotorik, permainan dapat melatih kemampuan motorik anak, termasuk meningkatkan kepekaan pancaindra yang anak miliki menjadi meningkat. Aspek afektif dapat dilatih melalui permainan yang berperan dalam membentuk karakter anak melalui pembelajaran nilai-nilai berkomunikasi, kerja sama, sportivitas, dan tanggung jawab. Sementara itu, pada aspek kognitif, permainan memiliki kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir anak. Meski bersifat kompetitif, kegiatan pembelajaran yang

menggunakan media permainan cenderung lebih menyenangkan, interaktif, dan menarik.^{15,16} Hal ini didukung oleh penelitian Liu, dkk yang menyatakan bahwa tingkat kebersihan mulut peserta meningkat setelah mengikuti program intervensi menggunakan papan permainan berbasis edukasi kebersihan mulut.¹⁷

Dalam konteks penelitian ini, permainan edukatif "*Who is it*" memperoleh respon yang positif dari siswa SD Negeri 126 Palembang, ditunjukkan oleh antusiasme mereka selama kegiatan berlangsung. Edukasi media permainan berisi materi pengetahuan mengenai kesehatan gigi dan mulut yang dikemas secara menarik efektif diterapkan dalam suatu kelompok kecil, sehingga dapat melatih anak untuk melakukan komunikasi, bertukar pikiran bersama teman untuk mencari solusi lalu memecahkan suatu masalah melalui sistem pembelajaran tersebut.¹⁸ Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Malik dkk. (2017) dan Swain dkk. (2017), yang melaporkan bahwa intervensi pendidikan kesehatan gigi berbasis permainan seperti teka-teki silang dan permainan kuis dapat secara signifikan meningkatkan pengetahuan anak dan menurunkan skor plak. Pembelajaran berbasis permainan dinilai lebih menarik, mudah dipahami, serta mendorong keterlibatan aktif peserta didik dibandingkan metode konvensional. Penelitian menunjukkan bahwa informasi yang rumit lebih mudah dicerna dengan memvariasikan teknik pembelajaran yang menstimulasi secara verbal atau visual, dan lebih mudah diingat dan diproses oleh murid.¹⁹

Keterbatasan dari penelitian ini adalah jumlah media permainan "*Who is it*" yang hanya tersedia sebanyak 20 buah, sehingga intervensi dilakukan dalam 3 sesi yaitu 20 siswa pada sesi pertama, 20 siswa pada sesi kedua dan 10 siswa pada sesi ketiga. Kondisi ini menyebabkan intervensi tidak dapat dilaksanakan secara serentak, dan sebagian siswa harus menunggu giliran untuk bermain. Meskipun demikian, hasil penelitian dan teori yang mendukung menunjukkan bahwa permainan "*Who is it*" efektif dalam meningkatkan pengetahuan kesehatan gigi mulut siswa SD Negeri 126 Palembang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan skor pengetahuan yang signifikan secara statistik setelah pemberian intervensi melalui permainan "*Who is it*". Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan media permainan edukatif tersebut efektif dalam meningkatkan pemahaman mengenai kesehatan gigi dan mulut pada siswa SD Negeri 126 Palembang. Implikasi praktis dari penelitian ini adalah pentingnya bagi mahasiswa kedokteran gigi untuk mengintegrasikan metode pendidikan kesehatan yang inovatif, kreatif, dan interaktif dalam setiap kegiatan edukasi lapangan. Untuk pengembangan penelitian mendatang, disarankan penggunaan desain eksperimental yang lebih ketat, seperti menyertakan kelompok kontrol sebagai pembanding guna memperoleh data yang lebih komprehensif. Selain itu, pengembangan materi atau item pertanyaan dalam permainan perlu diperluas

cakupannya agar merepresentasikan topik kesehatan gigi yang lebih holistik, disertai eksplorasi media edukasi alternatif untuk memperkaya pendekatan promotif pada anak sekolah dasar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Louisa M, Arief Budiman J, Suwandi T, Pancasari S, Arifin A. Pemeliharaan kesehatan gigi dan mulut di masa pandemi covid-19 pada orang tua anak berkebutuhan khusus. *AKAL*. 2021;2(1):1-0.
- [2] Silfia A, Riyadi S, Razi P. Hubungan tingkat pengetahuan dengan perilaku pemeliharaan kesehatan gigi dan mulut murid sekolah dasar. *J Kesehat Gigi*. 2019;6(1):45-50.
- [3] Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Kesehatan. Riset Kesehatan Dasar 2018. Jakarta: Depkes RI; 2018.
- [4] Wahyuni S, Hanum NA, Fransisca R. Kejadian karies gigi (def-t) berdasarkan sikap anak di TK Putra II Sukarami Palembang. *J Kesehat Gigi dan Mulut*. 2022;4(2):67-75.
- [5] Mardiaty E, Supardan I. Faktor penyebab terjadinya karies gigi pada siswa sd sambiroto 02 semarang. *J Kesehat Gigi*. 2017;4(1):25-32.
- [6] Sukarsih, Silfia A, Muliadi. Perilaku dan keterampilan menyikat gigi terhadap timbulnya karies gigi pada anak di kota jambi. *J Kesehat Gigi*. 2019;6(2):80-6.
- [7] Faturrahman, Lusitha F, Babgi N. Budaya mulut dan tangan sehat pada anak usia sekolah dasar di Desa Mamben Daya, Kecamatan Wanasaba, Kabupaten Lombok Timur. *J Pepadu*. 2020;1(3):336-44.
- [8] Husna N, Prasko. Efektivitas penyuluhan kesehatan gigi dengan menggunakan media busy book terhadap tingkat pengetahuan kesehatan gigi dan mulut. *J Kesehat Gigi*. 2019;6(2):51-5.
- [9] Hutami AR, Dewi NM, Setiawan NR, Putri NAP, Kaswindarti S. Penerapan permainan molegi (monopoli puzzle kesehatan gigi) sebagai media edukasi kesehatan gigi dan mulut siswa sd negeri 1 bumi. *JPM UAI*. 2019;1(2):72-7.
- [10] Narulita R, Jaya I, Taboer MA. Pengembangan media puzzle berseri untuk membantu meningkatkan kemampuan menggosok gigi pada anak autisme kelas dasar. *JPKK*. 2021;5(1):24-35.
- [11] Afdilla N, Sofyan S, Rasak A, Felix J, Tampubolon. Efektifitas promosi kesehatan gigi dalam peningkatan pengetahuan anak dengan media permainan ular tangga pada kelas 1 dan 2 di sdn ambopi. *JKKG*. 2022;3(1):37-43.
- [12] Widyastuti R, Puspita LS. Pengembangan media pembelajaran berbasis permainan edukasi pada matpel ipa tematik kebersihan lingkungan. *J Komput Inform*. 2020;22(1):95-100.
- [13] Himmamie Y, Adi S, Ratih SP. Pengembangan permainan papan (board game) edukatif sebagai media promosi kesehatan gigi dan mulut pada anak usia sekolah. *Sport Sci Health*. 2019;1(2):164-75.
- [14] Wibawa ACP, Mumtaziah HQ, Sholaihah LA, Hikmawan R. *Game-based learning (GBL)* sebagai inovasi dan solusi percepatan adaptasi belajar pada masa *new normal*. *Integrated*. 2021;3(1):17-22.
- [15] Vinidiansyah AS, Nurhainah, Andi. Metode belajar berbasis permainan sebagai upaya memecahkan problematika dalam pembelajaran sejarah. *J Pendidik Sej Indones*. 2021;4(2):165-79.

- [16] Hidayatulloh S, Praherdhiono H, Wedi A. Pengaruh permainan pembelajaran terhadap peningkatan hasil belajar pemahaman ilmu pengetahuan alam. JKTP. 2020;3(2):199-206.
- [17] Liu HY, Chen PH, Huang SS, Chen JH, Yao CT. The effectiveness of a board game-based oral hygiene education program on oral hygiene knowledge and plaque index of adults with intellectual disability: a pilot study. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(18):9426
- [18] Ilhami A. Implikasi teori perkembangan kognitif piaget pada anak usia sekolah dasar dalam pembelajaran bahasa Indonesia. Pendas. 2022;7(2):605-19.
- [19] Malik A, Sabharwal S, Kumar A, Singh Samant P, Singh A, Kumar Pandey V. Implementation of Game-based Oral Health Education vs Conventional Oral Health Education on Children's Oral Health-related Knowledge and Oral Hygiene Status. Int J Clin Pediatr Dent. 2017 Jul-Sep;10(3):257-260. doi: 10.5005/jp-journals-10005-1446



ARTIKEL RISET

URL artikel: <http://e-jurnal.fkg.umi.ac.id/index.php/Sinnunmaxillofacial>

Hubungan Kebiasaan Merokok dengan Terjadinya *Smoker's Melanosis* pada Driver Ojek *Online* di Sekitar Kampus Universitas Mulawarman

^KA.Nur Alfia Syahrir¹, Verry Asfirizal², Fani Diorita³, Cristiani Nadya Pramasari⁴, M. Khairul Nuryanto⁵

^{1,2}Program Studi Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Mulawarman

³Departemen Penyakit Mulut, Rumah Sakit Abdoel Wahab Sjahranie, Samarinda, Kalimantan Timur

⁴Rumah Sakit Gigi dan Mulut, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Mulawarman

⁵Laboratorium Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran, Universitas Mulawarman

Email Penulis Korespondensi (^K): andinuralfia55@gmail.com

andinuralfia55@gmail.com¹, veridrg@yahoo.com², dioritadrg@gmail.com³,

nadya.pramasari@gmail.com⁴, khairul.nuryanto@gmail.com⁵

(081242092960)

ABSTRAK

Pendahuluan: *Smoker's melanosis* merupakan bentuk hiperpigmentasi oral yang sering dijumpai pada perokok akibat aktivasi melanosit akibat paparan nikotin dan tar dalam jangka panjang. **Tujuan Penelitian:** Mengetahui hubungan kebiasaan merokok dengan terjadinya *smoker's melanosis* pada driver ojek online di sekitar kampus Universitas Mulawarman. **Bahan dan Metode:** Desain yang digunakan adalah observasional analitik dengan desain potong lintang. Data dikumpulkan melalui kuesioner dan pemeriksaan oral gingiva, serta dianalisis menggunakan uji *Spearman correlation*. **Hasil:** Mayoritas responden berusia 18–33 tahun (57,45%) dan berpendidikan SMA/SMK (76,6%). Jenis rokok yang paling banyak dikonsumsi adalah rokok filler sebanyak (74,47%). Sebanyak (53,16%) responden termasuk perokok berat berdasarkan frekuensi dan (46,81%) memiliki durasi merokok lebih dari 10 tahun. Hasil analisis menunjukkan adanya hubungan antara konsumsi merokok ($r = 0,432$) dan durasi merokok ($r = 0,618$). **Kesimpulan:** Terdapat hubungan kebiasaan merokok dengan terjadinya *smoker's melanosis* pada driver ojek online di sekitar kampus Universitas Mulawarman.

Kata kunci: *Smoker's Melanosis*; frekuensi merokok; durasi merokok

PUBLISHED BY:

Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Pajonga Dg. Nagalle. 27 Pab'batong (Kampus I UMI)
Makassar, Sulawesi Selatan.

Email:

sinnunmaxillofacial.fkgumi@gmail.com,

Article history: (dilengkapi oleh admin)

Received 27 Jun 2025

Received in revised form 12 Jan 2026

Accepted 04 Apr 2026

Available online 30 Apr 2026

licensed by [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



ABSTRACT

Introduction: Smoker's melanosis is an oral hyperpigmentation commonly found in smokers caused by melanocyte activation due to long-term exposure to nicotine and tar. This study aims to determine the correlation between smoking habits and the occurrence of smoker's melanosis among online motorcycle drivers around Mulawarman University. **Materials and Methods:** This study used an analytical observational design with a cross-sectional approach. Data were collected through questionnaires and gingival examinations and analyzed using the Spearman correlation test. **Results:** Most respondents were aged 18–33 years (57.45%) and had a senior high school education (76.6%). Filter cigarettes were the most commonly used (74.47%). A total of 53.16% were heavy smokers, and 46.81% had smoked for more than 10 years. The analysis showed a correlation between smoking frequency ($r = 0.432$) and smoking duration ($r = 0.618$) with smokers' melanosis. **Conclusion:** There is a correlation between smoking habits and the occurrence of smoker's melanosis among online motorcycle drivers around Mulawarman University.

Keywords: Smoker's melanosis; smoking frequency; smoking duration

PENDAHULUAN

Kebiasaan merokok masih menjadi masalah kesehatan yang signifikan di masyarakat.¹ Organisasi Kesehatan Dunia menyatakan bahwa produk tembakau umumnya dikonsumsi dengan cara dibakar dan dihirup asapnya.² Berdasarkan Survei Kesehatan Indonesia tahun 2023, sekitar 70 juta penduduk Indonesia merupakan perokok aktif.³ Selain itu, prevalensi perokok meningkat dari 28,69% pada tahun 2021 menjadi 28,96% pada tahun 2022.⁴

Merokok telah menjadi bagian dari gaya hidup sebagian masyarakat, meskipun berbagai penelitian menunjukkan dampak negatif terhadap kesehatan.⁵ Paparan nikotin dan tar dalam jangka panjang dapat menyebabkan gangguan sistemik seperti penyakit kardiovaskular, gangguan pernapasan, dan kanker paru.⁶ Selain itu, dampak lokal pada rongga mulut meliputi kerusakan jaringan periodontal dan munculnya *smoker's melanosis*.⁷

Smoker's melanosis merupakan hiperpigmentasi mukosa mulut akibat peningkatan aktivitas melanosit.⁷ Kondisi ini tidak menimbulkan gejala klinis yang signifikan, tetapi dapat memengaruhi aspek estetika dan psikososial individu.⁸ Penilaian tingkat pigmentasi dapat dilakukan menggunakan indeks Hedin yang membagi tingkat pigmentasi menjadi lima kategori.⁹

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan kebiasaan merokok dengan kejadian *smoker's melanosis* pada driver ojek online di sekitar Universitas Mulawarman.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan desain observasional analitik dengan pendekatan potong lintang. Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2024 hingga Januari 2025 di komunitas driver ojek online di sekitar Universitas Mulawarman. Sampel penelitian berjumlah 47 responden laki-laki yang merupakan perokok aktif dengan rentang usia 18–52 tahun, dipilih menggunakan teknik purposive sampling.

Data dikumpulkan melalui kuesioner dan pemeriksaan klinis gingiva menggunakan alat

diagnostik standar. Variabel yang diamati meliputi frekuensi merokok, durasi merokok, jenis rokok, dan tingkat pendidikan. Analisis data dilakukan secara univariat untuk mendeskripsikan karakteristik responden dan bivariat menggunakan uji Spearman correlation untuk menguji hubungan antar variabel.

HASIL

Berdasarkan 47 sampel yang dikumpulkan untuk penelitian ini, 57,45% berada dalam kelompok usia 18–33 tahun, 31,91% berada dalam kelompok usia 34–44 tahun, dan 10,64% berada dalam kelompok usia 45–52 tahun. Pendidikan terakhir responden mayoritas adalah SMA/SMK (76,6%), kemudian Sarjana (8,51%), SMP dan D3 (6,38%), serta SD 8,51%. Rokok putih/filter adalah jenis yang paling banyak dikonsumsi (74,47%), diikuti oleh rokok kretek (17,02%) dan campuran (8,51%).

Tabel 1. Hubungan frekuensi merokok dengan *smoker's melanosis*

Kriteria	Klasifikasi <i>Smoker's Melanosis</i>		Correlation
	Ada	Tidak	
Ringan	9	0	19,15
Sedang	13	0	27,66
Berat	24	1	53,19
Total	46	1	100

Keterangan : Ringan (1-4 batang), Sedang (5-10 batang), Berat (> 10 batang)

Tabel 2. Hubungan durasi merokok dengan *smoker's melanosis*

Kriteria	Klasifikasi <i>Smoker's Melanosis</i>		Correlation
	Ada	Tidak	
Ringan	10	0	21,28
Sedang	15	0	31,91
Berat	21	1	46,81
Total	46	1	100

Keterangan : Ringan (< 10 tahun), Sedang (5-10 tahun), Berat (>10 tahun)

Tabel 3. Hubungan kebiasaan merokok dengan terjadinya *smoker's melanosis* pada *driver* ojek *online* di sekitar kampus Universitas Mulawarman

Variabel	Sig	Correlation
<i>Smoker's Melanosis</i> – Frekuensi Merokok	0,432	0,117
<i>Smoker's Melanosis</i> – Durasi Merokok	0,618	0,075



Gambar 1. *Smoker's Melanosis* yang merokok lebih dari 10 tahun dengan frekuensi lebih dari 14 batang per hari.

PEMBAHASAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kelompok usia 18–33 tahun memiliki prevalensi merokok tertinggi. Hasil penelitian ini berbeda dengan temuan Melda melaporkan bahwa kebiasaan merokok paling banyak di temukan pada usia 34-44 tahun dengan persentase (31,8%) dari 110 responden.¹¹ Perbedaan tersebut kemungkinan disebabkan oleh variasi distribusi usia pada subjek penelitian masing-masing.¹² Penelitian ini sejalan dengan Hadi di Desa Wajo Iilir melaporkan bahwa mayoritas responden yang merokok berada pada kelompok usia dewasa awal, usia 18–35 tahun. Kelompok usia ini dianggap rentan terhadap kebiasaan merokok karena faktor sosial dan lingkungan yang dapat memengaruhi perilaku mereka.¹³

Berdasarkan tabel 1, mayoritas responden merokok lebih dari 14 batang per hari 53,19%, diikuti 5–14 batang 26,66%, dan 19,15% 1- 4 batang per hari. Hasil ini sejalan dengan penelitian Yosadi melaporkan 62,9% perokok berat setiap hari mengalami *smoker's melanosis*.¹⁴ Kecanduan nikotin adalah salah satu alasan utama mengapa individu meningkatkan frekuensi merokok setiap hari.¹⁵ Penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian Alam, yang meneliti dampak jenis, durasi, dan kuantitas rokok melaporkan bahwa 19 dari 97 responden (19,6%) tergolong perokok ringan, 41 orang dengan persentase 42,3% perokok sedang, dan 37 orang dengan persentase 38,1% perokok berat.¹⁶

Berdasarkan data pada tabel 2 mayoritas responden merokok lebih dari 10 tahun (46,81%), diikuti oleh (31,91%) yang merokok 5 hingga 10 tahun, dan (21,28%) yang merokok kurang dari 5 tahun. Penelitian ini sejalan penelitian pratiwi melaporkan bahwa 13 responden memiliki skor indeks melanin 3 dengan merokok lebih dari 10 tahun, menguatkan hubungan antara paparan nikotin jangka panjang dan timbulnya *smoker's melanosis*.⁷ Kebiasaan merokok berkaitan dengan tekanan hidup dan digunakan sebagai cara melepaskan stress.¹⁷ Penelitian yang dilakukan oleh Nurisriani di wilayah Pokko, Kecamatan Anreapi, Kabupaten Polewali Mandar menunjukkan hasil yang sejalan dengan temuan studi ini terkait perilaku merokok 90% kasus *smoker's melanosis* dan rata-rata lama merokok di atas 11 tahun.¹⁸ Hasil penelitian ini mendukung temuan Trizani yang dalam penelitiannya terhadap 40 responden di Rumah Sakit

Gigi dan Mulut Universitas Baiturrahmah 50% merokok lebih dari lima tahun¹⁸. Durasi merokok yang cukup lama berhubungan dengan ketergantungan nikotin yang mempersulit individu untuk menghentikan kebiasaan merokok.¹⁹

Smoker's melanosis lebih umum terjadi pada individu yang memiliki riwayat merokok jangka panjang lebih dari 10 tahun dan intensitas merokok harian yang tinggi lebih dari 14 batang. Menurut penelitian dalam tabel 3 yang menganalisis uji *Spearman Correlation* dengan frekuensi merokok (0,432) dan durasi merokok (0,618) yang cukup besar menunjukkan hubungan antara kedua variabel. Yarger dan Melone melaporkan bahwa *smoker's melanosis* yang memengaruhi orang-orang dari latar belakang etnis kulit putih dan hitam ditandai dengan hiperpigmentasi yang sebanding dengan tingkat keparahan merokok dan jumlah tembakau yang dikonsumsi sangat terkait dengan tingkat pigmentasi yang muncul pada gingiva. Beberapa penelitian melaporkan bahwa panas dari asap rokok yang dihirup secara berkelanjutan dapat memengaruhi jaringan mukosa oral secara langsung, sedangkan nikotin merangsang aktivitas melanosit pada lapisan basal epitel.⁷

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan data penelitian mayoritas responden yang memiliki riwayat merokok dalam jangka waktu lama menunjukkan gejala *smoker's melanosis*. Temuan ini mengindikasikan adanya hubungan kebiasaan merokok dengan terjadinya *smoker's melanosis* pada *driver* ojek *online* di sekitar kampus Universitas Mulawarman. Penelitian lebih lanjut sangat dianjurkan untuk mengidentifikasi faktor-faktor predisposisi tambahan yang memengaruhi munculnya *smoker's melanosis*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi kepada Kantor *Driver* Ojek *Online* dan Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Mulawarman atas dukungan dan kemudahan akses data selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sekeon, M. S., Wantania, F., & Mintjelungan, C. N. (2016). Prevalensi *smoker's melanosis* pada laki-laki perokok ditinjau dari lama merokok di Desa Kanonang 1 Kecamatan Kawangkoan Barat. *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 5(1).
- [2] World Health Organization (2019) *Who global report on trends in prevalence of tobacco smoking 2000-2025*, second edition. Geneva.
- [3] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas)*. Jakarta: Kemenkes RI.
- [4] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022, Juni 1). *Temuan survei GATS: Perokok dewasa di Indonesia naik 10 tahun terakhir*. Jakarta: Kemenkes RI.

-
- [5] Marina, D., Reza, & Suryani, L. (2022). Dampak merokok terhadap status kebersihan gigi dan mulut di masyarakat (The impact of smoking on the status of dental and oral hygiene in society). *Jurnal Nasuwakes*, 15(2), 142–147.
- [6] Kusuma, A. R. P. (2023). Pengaruh merokok terhadap kesehatan gigi dan rongga mulut. *Jurnal Unissula*.
- [7] Pratiwi, W. O., Lestari, C., Bakar A. Prevalensi dan distribusi *smoker's melanosis* pada buruh bangunan yang perokok di PT. Trikencana Sakti Utama Ketaping. *Jurnal B-Dent*. 2017;4(1):23-31.
- [8] Sutriyanti, & Syaify, A. (2022). Depigmentation of gingival *smoker's melanosis* using scalpel surgical technique: A case report. In *The International Online Seminar Series on Periodontology in Conjunction with Scientific Seminar*, 278.
- [9] Cesarini, A., Zarra, P., & Dihin Utami, B. A. (2023). Gambaran pasien dengan *smoker melanosis* dan penanganannya. *Mulawarman Dental Journal*, 3(1).
- [10] Vieta, C., Setiadi, R., & Zubaedah, C. (2017). Gambaran klinis *smoker's melanosis* pada perokok kretek ditinjau dari lama merokok. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*, 29(1).
- [11] Melda. Prevalensi *smoker's melanosis* pada kalangan petani. Studi pada petani perokok Kecamatan Panca Rijang Kabupaten Sidrap. *Dentomaxillofacial*. 2014; 1(1):28.
- [12] Salsabila, N. N., Indraswari, N., & Sujatmiko, B. (2022). Gambaran kebiasaan merokok di Indonesia berdasarkan Indonesia Family Life Survey 5 (IFLS 5). *Jurnal Ekonomi Kesehatan Indonesia*, 7(1), 15-17.
- [13] Hadi, H., & Mahmiyah, E. (2022). Gambaran Pengetahuan Dampak Merokok Terhadap Kesehatan Gigi dan Mulut Pada Masyarakat Desa Wajok Hilir RT 002 RW 003 Kecamatan Siantan Kabupaten Mempawah. *Journal of Dental Therapist*, 1(2).
- [14] Yosadi, I., Prabowo, A., & Sari, D. (2015). Prevalensi *smoker's melanosis* pada perokok berat. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10(2), 123-130.
- [15] Rahmah, S. D., & Khotimah, S. (2021). Hubungan derajat merokok terhadap ketergantungan nikotin pada perokok aktif: Narrative review. *Jurnal Ilmu Kesehatan*, 12(1), 45–52.
- [16] Alam, N., Widya Oktiani, B., dan Sarifah, N. (2015) Pengaruh jenis, durasi, dan jumlah rokok yang dikonsumsi terhadap nilai indeks *smoker's melanosis* pada perokok dewasa. *Dentin Jurnal Kedokteran Gigi*, 3(1), 6.
- [17] Nurmiati, N., Sari, D. K., & Rahmawati, F. (2020). Kebiasaan Merokok dan Stres pada Mahasiswa. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 15(2), 123-130.
- [18] Nurisriani, N., & Firmansyah, A. (2017). Hubungan kebiasaan merokok dengan timbulnya tanda-tanda *smoker's melanosis* di lingkungan Pokko Kecamatan Anreapi Kabupaten Polewali Mandar. *Jurnal Kesehatan*, 5(2), 45–52.
- [19] Triza, Y., & Afriza, D. (2014). Hubungan merokok dengan melanosis perokok di Rumah Sakit Gigi dan Mulut Baiturrahmah. *Jurnal B-Dent*, 1(2), 90-96.



ARTIKEL RISET

URL artikel: <http://e-jurnal.fkg.umi.ac.id/index.php/Sinnunmaxillofacial>**Uji Daya Hambat Ekstrak Kalsium Karbonat Limbah Cangkang Telur Ayam Ras (*Gallus Sp*) Terhadap *Streptococcus Mutans***^KMila Febriany¹, Nurasisa Lestari², Rini Pratiwi³, M. Fajrin Wijaya⁴, Adelia Iftitah A⁵^{1,2}Departemen Ilmu Kedokteran Gigi Anak, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muslim Indonesia³Departemen Ilmu Kesehatan Gigi Masyarakat, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muslim Indonesia⁴Departemen Patologi Mulut dan Maksilofasial, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muslim Indonesia⁵Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muslim IndonesiaEmail Penulis Korespondensi (^K): milafebriany@umi.ac.idmilafebriany@umi.ac.id¹, nurasisalestari@umi.ac.id², rinipratiwi@gmail.com³, mfajrinwijaya@umi.ac.id⁴, adeliaiftitahanwar@gmail.com⁵

(085342721117)

ABSTRAK

Pendahuluan: *Streptococcus mutans* merupakan penghuni normal rongga mulut dan dikenal sebagai bakteri kariogenik utama karena kemampuannya menghasilkan asam dari fermentasi karbohidrat yang menyebabkan demineralisasi email dan terjadinya karies gigi. Kalsium karbonat pada cangkang telur sebesar 94% dapat dimanfaatkan kandungannya sebagai agen abrasif untuk menghilangkan noda dan plak, serta meningkatkan viskositas pasta gigi. **Tujuan:** Untuk mengevaluasi efek daya hambat ekstrak kalsium karbonat yang berasal dari limbah cangkang telur ayam (*Gallus sp.*) pada konsentrasi 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20% terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*. **Bahan dan Metode:** Penelitian ini menggunakan desain kuasi-eksperimental dengan metode difusi cakram serta analisis statistik menggunakan uji One-Way ANOVA. Jumlah sampel dalam penelitian ini sebanyak 24 sampel. **Hasil:** Hasil uji One-Way ANOVA menunjukkan nilai p sebesar 0,000 yang lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$), yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik. Analisis komparatif menunjukkan adanya perbedaan antar konsentrasi, yaitu konsentrasi 12,5% menghasilkan zona hambat sebesar 8,32 mm, 15% sebesar 8,77 mm, 17,5% sebesar 9,00 mm, dan 20% sebesar 9,68 mm dalam menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans* berdasarkan kelompok perlakuan ekstrak kalsium karbonat. **Kesimpulan:** Ekstrak kalsium karbonat yang berasal dari limbah cangkang telur ayam dengan konsentrasi 20% efektif dalam menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans*.

Kata Kunci: Cangkang telur ayam ras (*Gallus sp*); karies; *streptococcus mutans*.

PUBLISHED BY:

Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Pajongga Dg. Nagalle. 27 Pab'batong (Kampus I UMI)
Makassar, Sulawesi Selatan.

Email:

sinnunmaxillofacial.fkgumi@gmail.com,

Article history: (dilengkapi oleh admin)

Received 31 Oktober 2025

Received in revised form 23 Apr 2026

Accepted 23 Apr 2025

Available online 30 Apr 2026

licensed by [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

ABSTRACT

Introduction: *Streptococcus mutans* is a normal inhabitant of the oral cavity and is recognized as the primary cariogenic bacterium due to its ability to produce acids from carbohydrate fermentation, leading to enamel demineralization and dental caries. Eggshells contain approximately 94% calcium carbonate, which can be utilized as an abrasive agent to remove stains and plaque, as well as to enhance the viscosity of toothpaste. **Objective:** To evaluate the inhibitory effect of calcium carbonate extract derived from chicken eggshell waste (*Gallus sp.*) at concentrations of 12.5%, 15%, 17.5%, and 20% on the growth of *Streptococcus mutans*. **Materials and Methods:** This study employed a quasi-experimental design using the disk diffusion method, with statistical analysis performed using a one-way ANOVA test. A total of 24 samples were included in this study. **Results:** The one-way ANOVA test showed a p-value of 0.000, which is less than 0.05 ($p < 0.05$), indicating a statistically significant difference. Comparative analysis demonstrated differences among the concentrations: 12.5% produced an inhibition zone of 8.32 mm, 15% showed 8.77 mm, 17.5% showed 9.00 mm, and 20% showed 9.68 mm in inhibiting the growth of *Streptococcus mutans* based on the calcium carbonate extract treatment groups. **Conclusion:** Calcium carbonate extract derived from chicken eggshell waste at a concentration of 20% is effective in inhibiting the growth of *Streptococcus mutans*.

Keywords: Chicken eggshell (*Gallus sp.*); dental caries; *Streptococcus mutans*.

PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 89 Tahun 2015 dalam Purbasari *et al.*, tahun 2023, kesehatan gigi dan mulut adalah keadaan sehat dari jaringan keras dan lunak gigi yang memungkinkan individu berinteraksi sosial dan produktif tanpa disfungsi maupun rasa sakit.¹ Secara global, karies masih menjadi penyakit infeksi multifaktorial pada rongga mulut yang menjadi penyebab utama kehilangan gigi, baik pada anak-anak maupun orang dewasa.^{2,3} Berdasarkan data Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023, permasalahan ini sangat nyata dengan 56,9% penduduk usia ≥ 3 tahun mengalami masalah gigi dan prevalensi karies mencapai 82,8%. Ironisnya, dari tingginya angka tersebut hanya 11,2% yang memperoleh pelayanan profesional, sehingga membuka peluang besar terjadinya komplikasi infeksi lanjutan yang menembus pulpa hingga sistem saluran akar.^{4,5}

Early childhood caries (ECC) merupakan salah satu manifestasi masalah gigi yang berkembang sangat cepat pada anak-anak, diperburuk oleh sisa susu formula dan kebiasaan mengonsumsi makanan manis yang memicu akumulasi plak.^{2,3,6} Secara etiologi, perkembangan karies ini dipicu secara dominan oleh *Streptococcus mutans*, yakni bakteri gram positif patogen yang paling banyak ditemukan di dalam rongga mulut. Bakteri ini memetabolisme glukosa dan sukrosa dari karbohidrat menjadi asam, yang selanjutnya menyebabkan penurunan pH secara bertahap dan memicu proses demineralisasi pada permukaan email gigi.^{6,7}

Menurut pendapat Marwah yang dikutip dalam Wahidin *et al.*, salah satu upaya utama untuk menjaga kesehatan gigi dari aktivitas bakteri karies tersebut adalah dengan menyikat gigi secara teratur dua kali sehari. Upaya ini sangat bergantung pada pasta gigi yang tersusun atas berbagai komponen kimia, di mana salah satu bahan utamanya adalah kalsium karbonat (CaCO_3). Senyawa abrasif berbentuk serbuk ini memegang peranan esensial dalam membersihkan permukaan gigi melalui proses

pemolesan, mengangkat noda dan plak, sekaligus mendukung pemeliharaan jaringan keras gigi karena kalsium merupakan unsur penting dalam pembentukan dan pemeliharaan struktur tubuh.^{8,9}

Menurut Yulianis *et al.*, yang dikutip dalam Wahidin *et al.*, tingginya kadar kalsium karbonat dalam cangkang telur yang mencapai 94% beserta 1% magnesium karbonat, 1% kalsium fosfat, dan 4% komponen organik berpotensi besar dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan produk perawatan gigi. Ketersediaan bahan baku ini sangat melimpah secara nasional maupun lokal; berdasarkan data, total produksi telur di Indonesia mencapai 5.155.998 ton pada tahun 2021, sementara di Provinsi Sulawesi Selatan produksinya terus meningkat dari 176.766,80 ton pada 2021 menjadi sekitar 210.302,20 ton pada tahun 2023. Tingginya konsumsi masyarakat ini berbanding lurus dengan peningkatan volume limbah cangkang telur rumah tangga organik yang, jika tidak diolah dengan wawasan yang tepat, berisiko mencemari dan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan.^{8,9,10}

Pemilihan limbah cangkang telur ayam ras (*Gallus sp*) sebagai objek penelitian didasarkan pada melimpahnya ketersediaan bahan lokal tersebut dan urgensi untuk mengubah limbah yang mencemari lingkungan menjadi produk medis bernilai guna.¹¹ Meskipun kalsium karbonat diketahui krusial untuk struktur gigi dan cangkang telur memiliki komposisi kimia yang sangat mendukung, masih terdapat kesenjangan penelitian terkait seberapa besar efektivitas biologisnya ketika diekstraksi. Hingga saat ini, kajian yang secara spesifik menguji potensi ekstrak kalsium karbonat dari limbah cangkang telur terhadap patogen utama karies masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menguji daya hambat ekstrak kalsium karbonat dari limbah cangkang telur ayam ras terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*, guna memberikan landasan pembuktian ilmiah mengenai potensinya sebagai agen antibakteri alternatif.

METODE DAN HASIL

Penelitian ini menggunakan rancangan *quasi eksperimental* yang bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan ekstrak CaCO_3 yang diperoleh dari limbah cangkang telur ayam ras dengan proses awal dilakukan Pencucian cangkang telur menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran dan sisa membran yang menempel pada permukaan cangkang. Selanjutnya cangkang telur dikeringkan untuk menghilangkan kadar air agar dapat diproses lebih lanjut. Setelah kering, cangkang telur dihaluskan menggunakan alat mortar hingga menjadi serbuk halus. Serbuk tersebut kemudian disterilisasi untuk menghilangkan atau membunuh mikroorganisme yang masih terdapat pada bahan. Tahap terakhir adalah pembuatan konsentrasi, yaitu dengan melarutkan serbuk cangkang telur ke dalam pelarut dengan perbandingan konsentrasi 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20% yang akan digunakan dalam penelitian dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*. Isolat bakteri yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kultur yang telah dibiakkan oleh Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Farmasi Universitas Muslim Indonesia. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 24, dengan enam kali replikasi pada setiap kelompok perlakuan, dengan metode *disk diffusion* guna mengukur besarnya zona hambat yang terbentuk terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*.

Tabel 1. Gambaran distribusi zona inhibisi

Konsentrasi	n	Zona inhibisi	Std. Deviasi
12.5%	6	8.32 ±	0.52
15%	6	8.77 ±	0.41
17.5%	6	9.00 ±	0.37
20%	6	9.68 ±	0.43

Ket : Uji levene, normal dan homogen ($p > 0,05$)

Berdasarkan data yang tercantum pada tabel 1 dapat diketahui bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak kalsium karbonat berbanding lurus dengan besarnya kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*. Efektivitas tersebut ditunjukkan oleh diameter zona hambat yang semakin luas seiring dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak yang diberikan, sehingga menunjukkan adanya peningkatan daya antibakteri terhadap bakteri tersebut.

Tabel 2. Hasil Uji Perbedaan Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus mutans* Berdasarkan Konsentrasi Ekstrak Kalsium Karbonat Dari Limbah Cangkang Telur Ayam Ras (*Gallus sp*)

Konsentrasi	Rata-rata	p- value
12.5%	8.32	
15%	8.77	
17.5%	9.00	0.000*
20%	9.68	

Ket: Uji *oneway anova*, *signifikan ($p < 0.05$)

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan perbandingan daya hambat bakteri berdasarkan konsentrasi ekstrak kalsium karbonat yang digunakan. Hasil uji menunjukkan p-value sebesar 0.000, yang lebih kecil dari 0.05 ($p\text{-value} < 0.05$). Angka ini menunjukkan bahwa perbedaan yang ditemukan sangat signifikan. Dengan kata lain, konsentrasi ekstrak kalsium karbonat yang berbeda menghasilkan perbedaan rata-rata dalam daya hambat terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*. Oleh karena itu, konsentrasi ekstrak mempengaruhi efektivitas hambat bakteri. Berdasarkan hasil uji *one way anova* tersebut, untuk melihat perlakuan ekstrak kalsium karbonat yang paling berbeda terhadap daya hambat pertumbuhan bakteri maka dilakukan uji *post hoc* menggunakan uji LSD sebagai berikut:

Tabel 3. Uji Beda Lanjut LSD Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus mutans* Berdasarkan Konsentrasi Ekstrak Kalsium Karbonat Dari Limbah Cangkang Telur Ayam ras (*Gallus sp*)

Konsentrasi	P-Value			
	12.5%	15%	17.5%	20%
12.5%		0.092	0.015*	0.000*
15%			0.388	0.002*
17.5%				0.014*
20%				

Ket: Uji *multiple comparisons*, *signifikan ($p < 0.05$)

Berdasarkan tabel 3 Menunjukkan Konsentrasi 12,5% dengan konsentrasi 15% tidak ada perbedaan signifikan dengan p-value ($p < 0,05$) Pada konsentrasi 12.5% dan 17.5% terdapat perbedaan signifikan dengan ($p < 0.05$), konsentrasi 12,5% dan 20% terdapat perbedaan yang signifikan dengan p-value ($p < 0.05$) konsentrasi 15% dan 17,5% tidak ada perbedaan signifikan dengan p-value ($p < 0.05$) dan perbandingan antara 15% dengan 20% menunjukkan adanya perbedaan signifikan, yang menyimpulkan bahwa konsentrasi 20% lebih efektif dibandingkan 15%. Kesimpulannya, konsentrasi 20% memberikan hasil terbaik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*.

PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi daya hambat ekstrak kalsium karbonat (CaCO_3) dari limbah cangkang telur ayam ras (*Gallus sp*) terhadap pertumbuhan bakteri patogen *Streptococcus mutans*. Pengujian dilakukan menggunakan metode difusi cakram (*paper disk*) dengan empat variasi konsentrasi, yaitu 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20%, di mana masing-masing perlakuan direplikasi sebanyak 6 kali untuk memastikan validitas data dari total 24 sampel. Hasil observasi mengonfirmasi bahwa seluruh konsentrasi ekstrak mampu memberikan efek inhibisi terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*, yang ditandai dengan terbentuknya zona bening (zona hambat) di sekitar cakram kertas akibat difusi senyawa aktif ekstrak ke dalam media agar.

Evaluasi kuantitatif menunjukkan bahwa rata-rata ukuran zona hambat terus mengalami perluasan seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak yang diaplikasikan. Rentang zona hambat dimulai dari 8,32 mm pada konsentrasi 12,5%, kemudian meningkat menjadi 8,77 mm (15%), 9,00 mm (17,5%), dan mencapai puncaknya sebesar 9,68 mm pada konsentrasi 20%. Berdasarkan standar kriteria interpretasi mikrobiologi klinis, seluruh rentang daya hambat ekstrak kalsium karbonat pada penelitian ini diklasifikasikan ke dalam kategori sedang terhadap *Streptococcus mutans*.

Pola peningkatan linear ini sejalan dengan prinsip dasar mikrobiologi. Menurut Sudarmi *et al.*, yang dikutip oleh Zaini. besarnya diameter zona hambat yang terbentuk dipengaruhi secara signifikan oleh konsentrasi serta golongan senyawa antimikroba yang terkandung di dalam ekstrak. Semakin

tinggi konsentrasi ekstrak yang diberikan, semakin padat pula akumulasi jumlah agen antibakteri yang mampu berpenetrasi dan menghambat pertumbuhan patogen. Temuan ini juga didukung oleh peneliti sebelumnya yang menegaskan bahwa variasi konsentrasi berbanding lurus dengan pelepasan jumlah dan jenis senyawa aktif. Peningkatan densitas senyawa aktif ini secara langsung mengoptimalkan kapasitas destruktif ekstrak dalam membunuh mikroorganisme.^{11,12}

Pencapaian zona hambat kategori sedang ini merupakan indikator efektivitas yang sangat baik untuk bahan berbasis mineral anorganik. Ekstrak kalsium karbonat menghambat *Streptococcus mutans* melalui mekanisme biokimiawi spesifik. Ketika dilarutkan, CaCO_3 akan berdisosiasi dan melepaskan ion kalsium (Ca^{2+}), yang secara perlahan menciptakan modifikasi lingkungan menjadi lebih alkalis (basa). Karena *Streptococcus mutans* merupakan bakteri asidogenik yang bergantung pada lingkungan asam untuk metabolisme glukosanya, peningkatan pH ini akan merusak aktivitas enzim intraseluler bakteri. Selain itu, gradien konsentrasi ion kalsium yang tinggi memicu gangguan tekanan osmotik, yang mengubah permeabilitas membran sel dan berujung pada lisisnya dinding sel bakteri.

Secara komposisi, cangkang telur ras sangat mendukung mekanisme tersebut karena mengandung 97% kalsium karbonat, di samping 95,1% garam organik, 3,3% bahan organik (terutama protein), 1,6% air, serta jejak mineral esensial lainnya seperti fosfor, magnesium, kalium, dan seng. Ketersediaan bahan baku anorganik ini sangat masif di Indonesia. Berdasarkan data Statistik Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan tahun 2021, produksi telur nasional menembus 5.155.998 ton, di mana Provinsi Sulawesi Selatan sendiri menyumbang 176.766,80 ton pada 2021 dan meningkat menjadi sekitar 210.302,20 ton pada tahun 2023. Tingginya angka produksi dan konsumsi harian ini berimplikasi pada penumpukan limbah rumah tangga organik berskala besar yang berisiko membebani lingkungan jika tidak dikelola secara strategis.^{12,13}

Pemanfaatan limbah cangkang telur ayam ras sebagai sumber kalsium karbonat alami dalam penelitian ini merupakan langkah aplikatif dalam merealisasikan prinsip *Zero Waste* dan mendongkrak inisiatif *Green Economy* di Indonesia. Konsep *Zero Waste* merupakan strategi holistik untuk meminimalkan limbah dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya, sehingga dampak negatif pencemaran terhadap ekologi (darat, air, udara) serta kesehatan publik dapat direduksi secara signifikan secara efisien dan efektif.¹⁴ Pemanfaatan limbah organik dari ranah rumah tangga maupun produk samping industri komoditas telur ini menjadi model ideal pengelolaan limbah berkelanjutan.¹⁵ Oleh karena itu, kalsium karbonat dari limbah cangkang telur terbukti memiliki potensi ganda (*dual-action*). Secara mekanik, ia tetap dapat mempertahankan fungsi konvensional sebagai bahan abrasif alami dalam pasta gigi yang memoles dan mengangkat plak kotoran; sementara secara biokimiawi, ia bertindak sebagai agen terapi preventif yang menekan proliferasi *Streptococcus mutans*. Inovasi bahan alami yang aman, ramah lingkungan, dan efektif ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan produk farmakologis untuk kesehatan gigi dan mulut sekaligus menjaga keberlanjutan ekosistem lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan, Ekstrak kalsium karbonat dari limbah cangkang telur ayam ras (*Gallus sp*) konsentrasi 12,5% dengan zona hambat sekitar 8,32 (mm), 15% dengan zona hambat sekitar 8,77 (mm) 17,5% dengan zona hambat sekitar 9.00 (mm) dan 20% dengan zona hambat sekitar 9.68 (mm), pada perbandingan ke empat konsentrasi tersebut konsentrasi 20% lebih baik menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*.

SARAN

Sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan perlu dilakukan uji lanjutan seperti uji secara *in vivo* agar kalsium karbonat dari limbah cangkang telur ayam ras dapat dimanfaatkan secara maksimal, perlunya eksplorasi lebih lanjut terhadap peningkatan konsentrasi, formulasi, atau pengujian kombinasi dengan agen antibakteri lainnya untuk meningkatkan daya hambatnya. Serta perlunya penggunaan Konsentrasi dengan selisih yang cukup signifikan untuk memperoleh perbedaan hasil yang diukur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Purbasari C, Khalid F, Fadla M, Nurmawati B. pendidikan kesehatan meningkatkan Pengetahuan dan sikap pencegahan Karies pada Anak-anak. *Edu Cruio Curiosity*. 2023;14(2):415.
- [2] Budiarti SN. Meningkatkan Kesehatan Anak Melalui Pembiasaan Sikat Gigi di TK Negeri Panduken. *Jurnal Inovasi Pendidikan & Pengajaran*. 2021;1(1):118.
- [3] Daud S, Said H. Cariogenic Foods as The Cause of Dental Caries in children, *e-GIGI*. 2022;10(10):39.
- [4] Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas). Badan Penelitian dan Pembangunan Kesehatan Kementerian RI Tahun 2018. <https://www.badankebijakan.kemkes.go.id/ski-2023-dalam-angka/>
- [5] Fatmawati L, Faradisa A. Edukasi dan pendampingan perilaku perawatan kesehatan gigi dan mulut pada anak prasekolah TK B. Berbakti. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 2025;2(3):253.
- [6] Mona D, Nadiyah FA, Muti F. Perbedaan jumlah koloni *Streptococcus Viridians* Berdasarkan Tingkat Keparahan Early Childhood Caries Pada Anak usia 3-5 Tahun di Kecamatan Kuranji kota padang. *Jurnal Endurance*. 2021;6(2):437-438.
- [7] Febriany M, Pamewa K, Arifin FA, Ashari K. Uji Daya Hambat Ekstrak Metanol Rumput Laut Merah (*Kappaphycus Alvarezii*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus Mutans*. *Sinnun Maxillofacial Journal*. 2023;5(2):84–9.

-
- [8] Wahidin, Farid A, Firmansyah. Formulasi Dan Uji Stabilitas Pasta Gigi Cangkang Telur Ayam Ras (Gallus Sp) Dengan Variasi Konsentrasi Na.CMC. 2021;12(2):122.
- [9] Tekege G, Haryati E, Dahlan K. Sintesis hidroksiapatit dari cangkang telur ayam ras asal Desa Koya Tengah Distrik Muaratami, Kota Jayapura. Jurnal Fisika Papua. 2022;2(2):100.
- [10] Nofriyaldi A, Adlina S. Kadar Kalsium Karbonat Limbah Cangkang Telur Ayam Ras Serta Pemanfaatan Menjadi Sediaan Gel Tabir Surya. Perjuangan Nature Pharmaceutical Conference. 2024;1(1):26.
- [11] Zaini WS. Uji Daya Hambat Ekstrak Kembang Telang (Clitoriaternatea) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Pseudomonas Aeruginosa Staphylococcus Aureus. Media Informasi Kesehatan. 2021;8(2):255.
- [12] Hafizah QA, Permatasari L, Rachmalia Izzatul Muchlishah N. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Aktivitas Antibakteri Daun Mangrove (*Rhizophora Mucronata*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*. Jurnal Kesehatan Tambusai. 2024;5(2):3833.
- [13] Komala D, Amin MN, Rahayu YC. Uji sitotoksisitas hidroksiapatit cangkang telur ayam ras (*Gallus gallus*) terhadap sel fibroblas ligamen periodontal manusia. Stomatognathic J Kedokteran Gigi. 2022;19(1):55
- [14] Widiatmoko SA, Zahra AT, Permana KN. Penerapan konsep *zero waste* dalam perspektif hukum lingkungan: tantangan dan prospek masa depan di Indonesia. Hukum Inovatif: Jurnal Ilmu Hukum Sosial Dan Humaniora. 2024;1(3):310.
- [15] Elfidasari D. Aplikasi Limbah Cangkang Telur Dalam Mendukung Zero Waste & Green Economy. Penerbit KBM Indonesia; 2025.



ARTIKEL RISET

URL artikel: <http://e-jurnal.fkg.umi.ac.id/index.php/Sinnunmaxillofacial>
**Pengaruh Berbagai Fraksi Ekstrak Daun Sungkai sebagai Antijamur terhadap
 Kekuatan Transversal Resin Akrilik Polimerisasi Panas**

^KOkmes Fadriyanti¹, Valendriyani Ningrum², Fania Hidayatul Citra³

^{1,3}Departemen Prostodonsia, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Baiturrahmah, Padang

²Departemen Ilmu Kesehatan Gigi Masyarakat, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Baiturrahmah, Padang

Email Penulis Korespondensi (^K): okmesfadriyanti@fkg.unbrah.ac.id,
okmesfadriyanti@fkg.unbrah.ac.id¹, valend888@gmail.com², faniahidayatulcitra14@gmail.com³

+628116947695

ABSTRAK

Pendahuluan: Resin akrilik sebagai basis gigi tiruan rentan terhadap kolonisasi *Candida albicans* akibat sifat porositasnya. Pembersihan kimiawi efektif namun dapat merusak resin. Daun Sungkai, yang mengandung metabolit sekunder antijamur, sebagai alternatif disinfektan alami. **Tujuan Penelitian:** Menganalisis pengaruh fraksinasi daun Sungkai terhadap kekuatan transversal resin akrilik. **Bahan dan Metode:** Desain penelitian menggunakan *post-test only control group* dengan 25 lempeng resin akrilik dibagi dalam lima kelompok: fraksi etanol, etil asetat, n-Heksana (1%), kontrol positif (sodium hipoklorit 1%), dan kontrol negatif (etanol 96%). Sampel diinokulasi *C. albicans* dan direndam selama 3 hari (20 jam/hari). Uji kekuatan transversal menggunakan *Universal Testing Machine*. Data dianalisis dengan *one-way ANOVA*. **Hasil:** Rerata kekuatan transversal tertinggi pada fraksi etanol 24,84 kgf, dibandingkan kontrol positif 22,54 kgf. Tidak terdapat perbedaan signifikan antar kelompok ($p=0,926$), mengindikasikan semua fraksi tidak berdampak negatif terhadap kekuatan mekanis resin akrilik. **Kesimpulan:** Fraksinasi daun Sungkai pada konsentrasi 1% terbukti aman terhadap kekuatan transversal dan berpotensi sebagai desinfektan alami yang aman.

Kata Kunci: Fraksinasi; daun sungkai; resin akrilik; kekuatan transversal; *Candida albicans*.

PUBLISHED BY:

Fakultas Kedokteran Gigi
 Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Pajonga Dg. Nagalle. 27 Pab'batong (Kampus I UMI)
 Makassar, Sulawesi Selatan.

Email:

sinnunmaxillofacial.fkgumi@gmail.com,

Article history: (dilengkapi oleh admin)

Received 28 Nov 2025

Received in revised form 8 Mar 2026

Accepted 27 Mar 2026

Available online 30 Apr 2026

licensed by [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



ABSTRACT

Introduction: Acrylic resin as a denture base is susceptible to *Candida albicans* colonisation due to its porous nature. Chemical cleaning is effective but can damage the resin. Sungkai leaves, which contain antifungal secondary metabolites, are a natural disinfectant alternative. **Objective:** To analyse the effect of Sungkai leaf fractionation on the transverse strength of acrylic resin. **Materials and Methods:** The study design was post-test only control group with 25 acrylic resin plates divided into five groups: ethanol fraction, ethyl acetate, n-hexane (1%), positive control (1% sodium hypochlorite), and negative control (96% ethanol). The samples were inoculated with *C. albicans* and soaked for 3 days (20 hours/day). Transverse strength was tested using a Universal Testing Machine. Data were analysed using one-way ANOVA. **Results:** The highest mean transverse strength was found in the ethanol fraction at 24.84 kgf, compared to the positive control at 22.54 kgf. There was no significant difference between groups ($p=0.926$), indicating that all fractions had no negative effect on the mechanical strength of acrylic resin. **Conclusion:** Fractionation of Sungkai leaves at a concentration of 1% proved to be safe for transverse strength and has the potential to be a safe natural disinfectant.

Keywords: Fractionation; sungkai leaves; acrylic resin; transverse strength; *Candida albicans*.

PENDAHULUAN

Kehilangan gigi merupakan masalah kesehatan mulut yang dapat mengganggu fungsi pengunyahan, bicara, estetika, dan kehidupan sosial.¹ Gigi tiruan lepasan, sering dibuat dari resin akrilik polimerisasi panas (RAPP).^{2,3} Meskipun memiliki kelebihan seperti estetika yang baik dan harga terjangkau, RAPP memiliki kelemahan, yaitu mudah menyerap air (hidrofilik) dan bersifat porus.^{4,5} Sifat ini memudahkan penyerapan bakteri dan jamur, terutama *Candida albicans*, yang banyak ditemukan di rongga mulut.^{6,7} Kolonisasi *C. albicans* pada basis gigi tiruan dapat menyebabkan *denture stomatitis* dan berpotensi menurunkan sifat mekanis resin akrilik.^{8,9}

Salah satu sifat mekanis yang penting adalah kekuatan transversal, yaitu ketahanan bahan terhadap beban tekan dan dorong selama fungsi pengunyahan.¹⁰ Kekuatan transversal RAPP yang direkomendasikan untuk penggunaan di rongga mulut minimal adalah 60-65 MPa.¹¹ Penyerapan cairan oleh resin akrilik dapat menyebabkan ekspansi linier dan melemahkan ikatan rantai polimer, sehingga menurunkan kekuatan transversalnya.^{5,12} Kekuatan transversal merupakan ketahanan basis resin akrilik terhadap beban, tekanan, dan gaya dorong sewaktu berfungsi. Kekuatan transversal diukur untuk mengetahui tingkat kekuatan yang lebih tinggi pada *impac strenght* dan kekuatan tegang. Melalui uji kekuatan transversal dapat diperoleh gambaran tentang ketahanan basis gigi tiruan dalam menerima beban pada waktu pengunyahan.⁵ Kekuatan transversal yang harus dimiliki oleh bahan resin akrilik sebagai plat gigi tiruan dalam rongga mulut minimal adalah 60-65 Mpa. Kekuatan yang lebih tinggi diperlukan karena kekuatan gigitan pada gigi anterior dapat mencapai 132,748 MPa, sedangkan pada gigi posterior mencapai 237,169 Mpa.¹⁰

Pembersihan gigi tiruan secara kimiawi, seperti menggunakan sodium hipoklorit (NaOCl), efektif membasmi mikroorganisme.^{13,14} Namun, penggunaan NaOCl dalam jangka panjang dilaporkan dapat

menyebabkan perubahan warna dan penurunan kekuatan basis gigi tiruan.¹⁵ Oleh karena itu, diperlukan alternatif pembersih alami yang aman. Daun sungkai (*Peronema Canescens Jack*) merupakan tanaman tradisional Indonesia yang mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, tanin, dan terpenoid yang memiliki aktivitas antimikroba dan antijamur.^{16,17,18} Ekstrak kasar memiliki keterbatasan yaitu dalam pemisahan senyawa hanya menggunakan satu pelarut.¹⁷ Sehingga diperlukan fraksinasi untuk memisahkan senyawa bioaktif berdasarkan kepolarannya.¹² Fraksinasi dengan pelarut etanol (polar), n-Heksana (non-polar), dan etil asetat (semi-polar) diharapkan dapat mengisolasi senyawa antijamur yang efektif tanpa merusak sifat Fraksinasi ekstrak daun sungkai dengan pelarut yang berbeda polaritasnya dapat memisahkan senyawa-senyawa bioaktif berdasarkan kepolarannya, sehingga diharapkan dapat mengoptimalkan efek antijamurnya.^{19,20} Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh beberapa pelarut fraksinasi ekstrak daun sungkai sebagai antijamur terhadap kekuatan transversal resin akrilik polimerisasi panas.

BAHAN DAN METODE

Jenis Penelitian yang dilakukan adalah *true experimental* laboratoris dengan desain *post-test only control group design*. Sampel terdiri dari 25 lempeng RAPP (Meliodent®) berukuran 65x10x2,5 mm yang dibuat melalui proses *flasking*, *packing*, dan *curing* standar. Sampel dibagi dalam lima kelompok metode : Fraksi Etanol 1%, Fraksi Etil Asetat 1%, Fraksi n-Heksan 1%, Sodium Hipoklorit 1% (kontrol Positif) dan etanol 96% (kontrol Negatif). Prosedur penelitian terdiri dari:

Pembuatan Fraksinasi Ekstrak Daun Sungkai

Fraksinasi ekstrak daun Sungkai dilakukan menggunakan metode partisi cair-cair bertingkat. Sebanyak 100 mL ekstrak etanol daun Sungkai dilarutkan dalam 100 mL etanol, kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan ditambahkan 200 mL n-Heksan. Campuran dikocok perlahan dan didiamkan hingga terbentuk dua lapisan terpisah. Lapisan n-Heksan (fraksi non-polar) dipisahkan, sementara lapisan etanol difraksinasi kembali dengan etil asetat untuk memperoleh fraksi semi-polar. Proses ini diulang hingga lapisan pelarut jernih. Semua fraksi yang diperoleh dipekatkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* hingga diperoleh ekstrak kental.²¹

Pembuatan Lempeng Resin Akrilik

Lempeng resin akrilik polimerisasi panas (RAPP) dibuat dengan ukuran 65 × 10 × 2,5 mm menggunakan metode *flasking* standar.¹⁷ Campuran polimer dan monomer akrilik (rasio 2,5:1) diaduk hingga mencapai *dough stage*, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan gypsum tipe II. Proses *curing* dilakukan dalam *water bath* dengan pemanasan bertahap dari 30°C hingga 100°C selama 60 menit, diikuti pendinginan hingga suhu ruang. Lempeng yang telah jadi menjalani proses *finishing* dan *polishing* menggunakan *abrasive paper* grit 280, 60, dan 400, serta *pumice* untuk mencapai permukaan yang halus.²²

Preparasi Lempeng Resin Akrilik

Lempeng resin akrilik disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit.²⁰ Sampel kemudian diadaptasikan dengan larutan NaCl fisiologis untuk menyerap monomer sisa dan dibagi menjadi lima kelompok: Fraksi etanol 1%, etil asetat 1%, n-Heksan 1%, sodium hipoklorit 1% (control positif) dan etanol 96% (control negative). Semua sampel diinokulasi dengan suspensi *C. albicans* standar *McFarland* dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C. Perendaman dalam larutan uji dilakukan selama 3 hari (20 jam/hari) untuk mensimulasikan pemakaian 1 tahun.^{23,24}

Uji Kekuatan Transversal

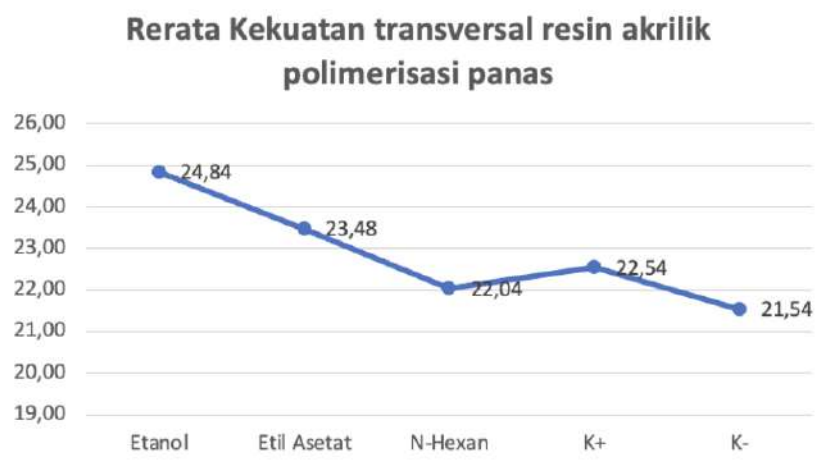
Kekuatan transversal diukur menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM).²¹ Sampel diletakkan pada dua tumpuan dengan jarak 50 mm, kemudian dibebani secara bertahap dengan kecepatan 1 kg/detik hingga patah. Nilai kekuatan transversal (dalam kgf) dicatat dari layar UTM.²⁴ Data dianalisis menggunakan uji *One-Way ANOVA* dengan tingkat signifikansi $\alpha=0,05$.²²

HASIL

Hasil uji kekuatan transversal pada Tabel 1. menunjukkan rerata nilai uji kekuatan transversal pada resin akrilik polimerisasi panas dengan fraksinasi ekstrak daun sungkai lebih baik dibandingkan dengan kelompok kontrol. Nilai kekuatan transversal fraksinasi ekstrak daun sungkai tertinggi pada pelarut etanol dengan nilai yaitu 24,84 kgf, nilai kekuatan transversal terendah pada pelarut n-Heksan yaitu 22,04 kgf. Sedangkan nilai kekuatan transversal pada kontrol negative (etanol) lebih rendah dibandingkan dengan kontrol positif (sodium hipoklorit) yaitu 21,54 kgf. Nilai rerata tertinggi ditemukan pada kelompok fraksi etanol (24,84 kgf), sedangkan nilai terendah pada kelompok kontrol negatif (21,54 kgf).

Tabel 1. Rerata nilai kekuatan transversal yang dipengaruhi oleh respon *C. albicans* dalam pengaruh fraksinasi ekstrak sungkai

Kelompok	Kekuatan Transversal (kgf)					Rerata	SDV
	1	2	3	4	5		
Etanol	28.8	27.6	23.3	22.7	21.8	24.84	3.142
Etil Asetat	19.3	14.3	36.8	22.3	24.7	23.48	8.397
n-Heksan	25.9	14.4	17.6	27.2	25.1	22.04	5.678
K+	29.4	17	18.3	24.2	23.8	22.54	5.002
K-	34.2	22.2	20.1	16.1	15.1	21.54	7.646



Gambar1. Grafik rerata kekuatan transversal resin akrilik resin akrilik polimerisasi panas.

Tabel 2. Profil Kekuatan Transversal Dalam Pengaruh Fraksinasi Ekstrak Daun Sungkai

Ekstrak Sungkai	N	Kekuatan Transversal (Kgf)				<i>p-value</i> *
		Mean	SDV	Respon(%)	Elastisitas	
Etanol	5	24.84	3.142	21.7%	Elastis Tinggi	0,926
Etil Asetat	5	23.48	8.397	20.5%	Elastis Tinggi	
n-Hexan	5	22.04	5.678	19.3%	Elastis Sedang	
K+	5	22.54	5.002	19.7%	Elastis Sedang	
K-	5	21.54	7.646	18.8%	Elastis Rendah	

*Uji *one-way* ANOVA

Hasil Tabel 2 menunjukkan bahwa semua kelompok memiliki pengaruh yang beragam terhadap kekuatan transversal resin akrilik. fraksinasi ekstrak daun sungkai dengan pelarut etanol memiliki pengaruh lebih kuat terhadap daya atau kekuatan dengan memiliki elastisitas lebih tinggi dibandingkan dengan pelarut yang lain. Tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada semua kelompok dengan nilai *p-value* >0,05 (0,926), artinya fraksinasi ekstrak daun sungkai dengan memiliki peran penting untuk mencegah *C. albicans* yang dapat menyebabkan terbentuknya porositas sebagai faktor paling dominan terhadap kekuatan resin akrilik.

PEMBAHASAN

Kekuatan transversal merupakan salah satu sifat mekanis dari resin akrilik. Resin akrilik mudah menyerap air, sehingga partikel larutan dapat berpenetrasi dan mempengaruhi ikatan kimia resin akrilik. Semakin lama masa perendaman maka semakin banyak pula partikel larutan yang dapat berpenetrasi ke ruang mikroporositas resin akrilik. Molekul air dapat menembus massa polimetil metakrilat dan menempati posisi di antara rantai polimer sehingga rantai polimer ini memisah. Perpisahan rantai polimer ini dapat melemahkan struktur kimia resin akrilik. Kekuatan resin akrilik kemudian akan menurun karena sifatnya yang menjadi lebih plastis.⁵

Penelitian ini membuktikan bahwa fraksinasi ekstrak daun Sungkai, tidak menurunkan kekuatan transversal RAPP dibandingkan dengan disinfektan sodium hipoklorit maupun kontrol negatif. Tidak adanya pengaruh yang signifikan diduga karena konsentrasi ekstrak yang digunakan (1%) masih terlalu rendah untuk memberikan efek yang nyata terhadap integritas struktur polimer RAPP.²⁵ Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa senyawa fenolik (seperti flavonoid dan tanin) yang terkandung dalam daun sungkai, dalam kondisi tertentu, dapat berinteraksi dengan ikatan polimer resin akrilik. Ion H⁺ dari senyawa fenolik dapat berikatan dengan gugus karbonil (C=O) pada rantai polimetil metakrilat, yang berpotensi menyebabkan degradasi dan pelemahan ikatan.²⁶ Namun, pada konsentrasi rendah, interaksi ini mungkin tidak cukup kuat untuk menyebabkan perubahan mekanis yang signifikan.

Fraksi etanol menunjukkan rerata kekuatan yang lebih baik, Hal ini diduga karena etanol bersifat polar sehingga dapat menarik senyawa bioaktif polar seperti flavonoid dan tannin.²⁷ Hasil identifikasi yang dilakukan pada penelitian Istiqomah (2023) menemukan bahwa golongan senyawa yang terdapat pada daun sungkai memiliki pengaruh sebagai aktivitas antijamur dan terdapat interaksi senyawa golongan flavonoid, terpenoid dan fenol terhadap enzim *lonesterol 14 α demethylase* dari *C. albicans*.²⁸ Mekanisme antijamur senyawa flavonoid dan alkaloid dari daun sungkai dapat mendenaturasi protein sel dan menghambat replikasi DNA *C. albicans*.^{29,30} Dengan terhambatnya pertumbuhan jamur, kerusakan permukaan resin akibat metabolisme jamur dan pembentukan biofilm dapat diminimalkan, sehingga kekuatan transversal cenderung lebih terjaga.

Temuan ini berbeda dengan penelitian yang melaporkan penurunan kekuatan transversal RAPP setelah direndam dalam larutan asam.²⁹ Perbedaan ini memperkuat dugaan bahwa pada konsentrasi 1%, ekstrak daun sungkai tidak bersifat cukup korosif atau reaktif untuk mendegradasi rantai polimer RAPP secara signifikan. Sifat hidrofilik RAPP memungkinkan penetrasi molekul larutan, yang dapat memisahkan rantai polimer dan menurunkan kekuatan.¹² Proses ini mungkin terjadi pada semua kelompok, termasuk kontrol, sehingga tidak teramati perbedaan yang mencolok antar perlakuan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kekuatan transversal tertinggi dipengaruhi oleh fraksinasi ekstrak daun sungkai etanol. Hal ini dapat disebabkan karena kandungan kimia yang terdapat pada ekstrak daun sungkai yaitu senyawa larutan etanol sangat baik digunakan sebagai pelarut karena dapat menarik senyawa zat aktif yang terkandung didalamnya flavonoid yang bersifat polar dan yang akan menarik senyawa polar, sehingga dapat mempengaruhi kelenturan resin di bandingkan dengan pemberian pelarut dan kelompok kontrol.

KESIMPULAN DAN SARAN

Fraksinasi ekstrak daun Sungkai pada konsentrasi 1% terbukti aman terhadap integritas struktural RAPP, dengan fraksi etanol menunjukkan kinerja optimal. Temuan ini mendukung pengembangan disinfektan alami berbasis Sungkai yang efektif mengendalikan *C. albicans* tanpa

mengorbankan sifat mekanis basis gigi tiruan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi untuk melihat efek yang lebih nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siagian K. Kehilangan Sebagian Gigi Pada Rongga Mulut. *E-CliniC*. 2016;4(1).
- [2] Wahyuni S, Balqish B. Pengaruh Perendaman Gigi Artifisial Resin Akrilik Dalam Ekstrak Daun Kemangi Terhadap Kekerasan Permukaan. *Padjadjaran Journal of Dental Researchers and Students*. 2022;6(3):210.
- [3] Firdaus R. Perawatan Edentulous Klas 1 Applegate Kennedy Dengan Gigi Tiruan Sebagian Lepas Resin Akrilik. *Jurnal Ilmu Kedokteran Gigi*. 2021;4(2):35–40.
- [4] Sormin LTM, Rumampuk JF, Wowor VNS. Uji Kekuatan Transversal Resin Akrilik Polimerisasi Panas Yang Direndam Dalam Larutan Cuka Aren. *E-GIGI*. 2017;5(1).
- [5] Pantow FPPP, Siagian KV, Pangemanan DHC. Perbedaan Kekuatan Transversal Basis Resin Akrilik Polimerisasi Panas Pada Perendaman Munuman Beralkohol Dan Aquades. *E-GIGI*. 2015;3(2).
- [6] Jaelani IM, Sari WP, Fadriyanti O. Pengaruh Jumlah Glass Fiber Non Dental Pada Reinforced Resin Akrilik (Polimetil Metakrilat) Terhadap Perlekatan *Candida Albicans*. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*. 2019;31(2):155–9.
- [7] Zomorodian K, Haghighi NN, Rajaei N, Pakshir K. Assessment of *Candida* species colonization and denture-related stomatitis in complete denture wearers. *Medical Mycology*. 2011;49(2):208–11.
- [8] Suni NA, Wowor VNS, Leman MA. Uji Daya Hambat Rebusan Daun Pepaya (*Carica Papaya*) Terhadap Pertumbuhan *Candida Albicans* Pada Plat Resin Akrilik Polimerisasi Panas. *E-GIGI*. 2017;5(1).
- [9] Fadriyanti O, Putri FI, Surya LS. Perbedaan Kekasaran Permukaan Resin Akrilik Yang Direndam Dalam Larutan Sodium Hipoklorit Dan Ekstrak Jamur Endofit *Aspergillus Sp* (Akar *Rhizophora mucronata*). *B-Dent, Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah*. 2018;5(2):153–61.
- [10] Aditama P, Sugiatno E, Nuryanto MRT. Pengaruh Volumetrik E-Glass Fiber Terhadap Kekuatan Transversal Reparasi Plat Gigi Tiruan Resin Akrilik. *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*. 2017;2(1):40. doi: 10.22146/majkedgiind.10734.
- [11] Aditama, Pramudya, Siti Sunarintyas, Dan Widjijono, Bagian Prostodonsia, Kedokteran Gigi, Gadjah Mada, Indonesia Yogyakarta, and Bagian Biomaterial. 2015. "Plat Resin Akrilik." *Maj Ked Gi Ind*. 2015, Juni 1(1):102–8.
- [12] Pantow, Felicia PCC, Krista V, Siagian, dan Damajanty HC. Pangemanan. Perbedaan Kekuatan Transversal Basis Resin Akrilik Polimerisasi Panas Pada Perendaman Munuman Beralkohol Dan Aquades. *E-GIGI*. 2015. 3(2). doi: 10.35790/eg.3.2.2015.9634.
- [13] Ibrahim, Arsyik, Indah Woro Utami, dan Risna Agustina. "Aktivitas Sediaan Gel Antiseptik Tangan Berbahan Aktif Ekstrak Fraksi Etanol Daun Sungkai (*Peronema canaliculata* Jack.) Terhadap Beberapa Bakteri Patogen." *Journal Of Tropical Pharmacy And Chemistry*. 2015,

3(2):94–100. doi: 10.25026/jtpc.v3i2.94.

- [14] Rahmayani L, Fitriyani S, Andriany P, Dumna R, Gigi FK, & Kuala US. Hipoklorit Sebagai Desinfektan Terhadap Kekuatan Impak Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik (Effect Of Concentration Sodium Hypochlorite Solution As Desinfectan To The Impact Strength Of Denture Base Acrylic Resin). *Dentika Dental Journal*. 2014;40.
- [15] Satya Aprianto, Dharma, dan Zullia Taftyanti. 2015. “Pengaruh Larutan Sodium Hipoklorit Terhadap Kekuatan Transversal Pada Bahan Basis Gigi Tiruan Resin Akrilik Polimerisasi Panas.” *Majalah Sainstekes* 2(1):001–011. doi: 10.33476/ms.v2i1.1636.
- [16] Kusriani RH, Nawawi A, Turahman T. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Dan Fraksi Kulit Batang Dan Daun Sungkai (*Peronema Canescens* Jack) Terhadap *Staphylococcus Aureus* Atcc 25923 Dan *Escherichia Coli* ATCC 25922. *Jurnal Farmasi Galenika*. 2015;2(1):8–14
- [17] Ibrahim. Aktivitas Anti Mikroba Ekstrak Fraksinasi n-Heksan Daun Sungkai (*Peronema Canescens jack*) Terhadap Beberapa Bakteri Dengan Metode KLT-Bioautografi.” *Journal Of Tropical Pharmacy And Chemistry*, 2013, 2(2):76–82. doi: 10.25026/jtpc.v2i2.51.
- [18] Nurjanah S, Arum D, Syahrani, D, Dyanti, AP, Sutrisno. Compounds From Sungkai Leaves (*Peronema Canescens* Jack) as Anti-Inflammatory Linkage Immunomodulatory. *Letter in Applied NanoBioScience*, 2025;14(2): 165
- [19] Putri FE, Diharmi A, Karnila R. Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Pada Rumput Laut Coklat (*Sargassum Plagyophyllum*) Dengan Metode Fraksinasi. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*. 2023;15(1):40–6.
- [20] Ibrahim A, Utami IW, Agustina R. Aktivitas Sediaan Gel Antiseptik Tangan Berbahan Aktif Ekstrak Fraksi Etanol Daun Sungkai (*Peronema Canescens* Jack.) Terhadap Beberapa Bakteri Patogen. *Journal Of Tropical Pharmacy And Chemistry*. 2015;3(2):94–100.
- [21] Putri, Eka F, Diharmi A, dan Karnila R. “Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Pada Rumput Laut Coklat (*Sargassum Plagyophyllum*) Dengan Metode Fraksinasi.” *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*. 2023. 15(1):40–46. doi: 10.17969/jtipi.v15i1.23318.
- [22] Fadriyanti O, Putri FI, dan Leny Sang Surya. Perbedaan Kekasaran Permukaan Resin Akrilik Yang Direndam Dalam Larutan Sodium Hipoklorit Dan Ekstrak Jamur Endofit *Aspergillus* Sp (Akar *Rhizophora Mucronata*).” *B-Dent, Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah*. 2018, 5(2):153–61. doi: 10.33854/jbd.v5i2.161.
- [23] Ningsih DS, Rahmayani L, Bomazdicahyo P. Pengaruh Durasi Perendaman Resin Akrilik Heat Cured Dalam Larutan Sodium Hipoklorit 0,5% Terhadap Perubahan Dimensi. *Cakradonya Dent Journal*. 2013;5(2).
- [24] Rahayu I, Fadriyanti O, Edrizal E. Efektivitas Pembersihan Gigi Tiruan Dengan Rebusan Daun Sirih 25% dan 50% Terhadap Pertumbuhan *Candida albicans* Pada Lempeng Resin Akrilik Polimerisasi Panas. *B-Dent, Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah*. 2014;1(2):142–9.
- [25] Fadriyanti O, Ningrum V, Zikra UA. The Spray Effect Of *Peronema Canescens* Jackas A Desinfectan Against The Growth Of *Staphylococcus Aureus* On The Surface Of Alginate Molds. *International Journal Of Innovative Science And Research Technology*, 2022; 7(7):126-129.
- [26] Puspitasari D, Saputera D, Anisyah RN. Perbandingan kekerasan resin akrilik tipe heat cured pada perendaman larutan desinfektan alkalin peroksida dengan ekstrak seledri. *Odonto Dent J*.

2016;3(1):34–41.

- [27] Pindan NP, Daniel, Saleh C, Magdaleni AR. Uji Fitokimia Dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Fraksi N-Heksana, Etil Asetat Dan Etanol Sisa Dari Daun Sungkai (*Peronema canescens* Jack. Dengan Metode DPPH. Jurnal Atomik. 2021;06(1):22–7
- [28] Istiqomah N, Fatikasari S & Hutuba AH. Kajian in Silico Daun Sungkai (*Peronema canescens*) dalam Menghambat Enzim lanosterol 14- α demethylase Jamur *Candida albicans*. Indonesian Journal of Pharmaceutical Education (e-Journal) 2023; 3 (1): 131 – 142.
- [29] Widhiasih PR, Jirna IN, Dhayanaputri IS. Potensi Ekstrak Kulit Buah Delima Terhadap Pertumbuhan *Candida albicans* Secara in Vitro. J Med Lab. 2017;5(2):77–82.
- [30] Komala OY, FRS. Aktivitas Antijamur Ekstrak Etanol 50% Dan Etanol 96% Daun Pacar Kuku *Lawsonia Inermis* terhadap *Trichophyton mentagrophytes*. J Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup. 2019;19(1):12–9.



ARTIKEL RISET

URL artikel: <http://e-jurnal.fkg.umi.ac.id/index.php/Sinnunmaxillofacial>

Peran Instagram dalam Meningkatkan Minat Berkunjung Pasien di RSGM UMY (Studi *Cross-Sectional* menggunakan Model *Customer Path 5A*)

Farah Aura Alifia Giyantika¹, ^{KRr.} Pipiet Okti Kusumastwi²

¹Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

²Departemen Ilmu Kesehatan Gigi Masyarakat, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Email Penulis Korespondensi (^K): pipietokti@umy.ac.id

farah.aura23@gmail.com¹, pipietokti@umy.ac.id²

(08156868933)

ABSTRAK

Pendahuluan: Media sosial telah menjadi sarana komunikasi digital yang efektif dalam berbagai bidang, termasuk kesehatan. Instagram sebagai media sosial berbasis visual banyak dimanfaatkan oleh institusi kesehatan untuk membangun citra positif dan menarik minat masyarakat. Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (RSGM UMY) aktif menggunakan Instagram sebagai media promosi sejak tahun 2020. **Tujuan penelitian:** mendeskripsikan peran Instagram dalam meningkatkan minat berkunjung pasien ke RSGM UMY. **Bahan dan Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain deskriptif analitik menggunakan pendekatan *cross-sectional*. Populasi penelitian 4.191 pengikut akun Instagram resmi RSGM UMY dengan jumlah sampel 108 responden yang ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling*. Instrumen penelitian berupa kuesioner *online* yang terdiri atas data demografi, *Customer Path 5A*, dan dua pertanyaan terbuka. Data dianalisis secara deskriptif menggunakan distribusi frekuensi. **Hasil:** Instagram berperan pada seluruh tahapan *Customer Path 5A*. Pada tahap *Aware*, mayoritas responden mengetahui keberadaan RSGM UMY melalui Instagram (47,2% setuju; 31,5% sangat setuju). Tahap dominan terlihat pada *Ask*, responden menyatakan konten visual memberikan gambaran jelas mengenai fasilitas dan layanan (44,4% setuju; 41,7% sangat setuju). Sebanyak 94,44% responden menyatakan informasi melalui Instagram membantu dalam memilih layanan perawatan gigi. Instagram berperan pada seluruh tahapan *Customer Path 5A*. Mayoritas responden menyatakan bahwa informasi yang disampaikan melalui Instagram membantu dalam memilih layanan perawatan gigi. **Kesimpulan:** Instagram RSGM UMY berperan dalam meningkatkan minat berkunjung pasien ke RSGM UMY melalui seluruh tahapan *Customer Path 5A*.

Kata kunci: Media sosial; Instagram; minat berkunjung; *Customer Path 5A*.

PUBLISHED BY:

Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Pajonga Dg. Nagalle. 27 Pab'batong (Kampus I UMI)
Makassar, Sulawesi Selatan.

Email:

sinnunmaxillofacial.fkgumi@gmail.com,

Article history: (dilengkapi oleh admin)

Received 23 Des 2025

Received in revised form 8 Mar 2026

Accepted 17 Apr 2026

Available online 30 Apr 2026

licensed by [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 Int](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



ABSTRACT

Background: Social media has become an effective digital communication tool in various fields, including health. Instagram, as a visual-based social media, is widely used by healthcare institutions to build a positive image and attract public interest. The UMY Dental hospital has been actively using Instagram as a promotional medium since 2020. **Objective:** To determine the role of Instagram in increasing patient interest in visiting RSGM UMY. **Materials and Methods:** This study is a quantitative study with a descriptive design using a cross-sectional approach. The study population was 4,191 followers of the official Instagram account of the UMY Dental Hospital with a sample of 108 respondents determined using a purposive sampling technique. The research instrument was an online questionnaire consisting of demographic data, Customer Path 5A, and two open-ended questions. Data were analyzed descriptively using a frequency distribution. **Results:** Instagram played a role across all stages of the Customer Path 5A. In the Aware stage, the majority of respondents reported learning about the existence of RSGM UMY through Instagram (47.2% agreed; 31.5% strongly agreed). The most dominant stage was Ask, where respondents stated that visual content provided a clear depiction of the available facilities and services (44.4% agreed; 41.7% strongly agreed). Overall, 94.44% of respondents indicated that information obtained through Instagram was helpful in selecting dental care services. These findings indicate that Instagram plays an important role in supporting patients' information seeking before making decisions regarding dental care services. **Conclusion:** Instagram plays a role in shaping patient visiting interest through the stages of Customer Path 5A

Keywords: Social media; Instagram; visiting interest; Customer Path 5A.

PENDAHULUAN

Pada awal 2023, Indonesia memiliki 212,9 juta pengguna internet, dengan sekitar 89,15 juta di antaranya merupakan pengguna Instagram.¹ Tingginya jumlah pengguna media sosial ini menjadikan Instagram sebagai salah satu media sosial yang potensial untuk strategi pemasaran digital yang efektif dalam pemasaran layanan rumah sakit untuk meningkatkan jumlah pasien, memperkuat citra merek, serta memudahkan akses informasi dan lokasi rumah sakit.² Instagram juga dinilai efektif digunakan sebagai media promosi.³ Konten yang dipublikasikan oleh rumah sakit melalui media sosial terbukti memiliki pengaruh yang kuat terhadap sikap konsumen, sehingga penerapan strategi *content marketing* efektif untuk mendukung promosi dan pemasaran layanan rumah sakit.⁴ Sejalan dengan pemasaran modern, proses pengambilan keputusan konsumen dapat dipahami melalui konsep *Customer Path 5A* yang menunjukkan peran media sosial seperti Instagram dalam membangun kesadaran, ketertarikan, pencarian informasi, hingga mendorong keputusan berkunjung, dan loyalitas.⁵

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa media sosial, termasuk Instagram, berperan dalam meningkatkan promosi rumah sakit melalui peningkatan *brand awareness*, persepsi kualitas layanan, serta keputusan penggunaan layanan kesehatan.³ Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada rumah sakit umum dan mengukur dampak media sosial secara umum tanpa mengidentifikasi tahapan proses keputusan konsumen secara sistematis. Selain itu, penelitian mengenai pemanfaatan Instagram sebagai strategi promosi pada rumah sakit gigi dan mulut pendidikan masih terbatas, khususnya di konteks lokal Yogyakarta. Research gap dalam penelitian ini adalah belum adanya penelitian yang secara spesifik menganalisis peran Instagram terhadap minat berkunjung pasien di RSGM UMY menggunakan pendekatan *Customer Path 5A* (*Aware, Appeal, Ask, Act, dan*

Advocate). Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut serta memberikan bukti empiris mengenai bagaimana Instagram mempengaruhi minat berkunjung pasien melalui tahapan *Customer Path 5A*.

Selain model *Customer Path 5A*, beberapa model pemasaran klasik seperti AIDA model (*Attention–Interest–Desire–Action*) dan *Theory of Planned Behavior* (TPB) juga sering digunakan untuk menjelaskan proses pengambilan keputusan konsumen. Model AIDA banyak digunakan dalam komunikasi pemasaran tradisional untuk menjelaskan bagaimana konsumen bergerak dari perhatian hingga tindakan pembelian. Namun, model ini bersifat linear dan kurang mampu menggambarkan dinamika interaksi konsumen dalam lingkungan digital yang memungkinkan pertukaran informasi secara cepat dan interaktif antar pengguna.⁶ Sebaliknya, *Theory of Planned Behavior* lebih menekankan aspek psikologis individu yang mempengaruhi niat perilaku melalui sikap, norma subjektif,⁷ dan persepsi kontrol perilaku, sehingga lebih tepat digunakan untuk menjelaskan determinan perilaku individu daripada perjalanan keputusan konsumen dalam konteks pemasaran digital.

Dalam konteks pemasaran modern berbasis media sosial, model *Customer Path 5A* yang diperkenalkan dalam kerangka *Marketing 4.0* dianggap lebih relevan karena menggambarkan perjalanan konsumen secara lebih komprehensif melalui lima tahapan yaitu *Aware, Appeal, Ask, Act, dan Advocate*.⁸ Model ini tidak hanya menjelaskan proses pengenalan hingga tindakan, tetapi juga memasukkan dimensi pencarian informasi dan rekomendasi yang sangat dipengaruhi oleh interaksi digital dan *electronic word-of-mouth*. Oleh karena itu, model *Customer Path 5A* lebih sesuai digunakan untuk menganalisis bagaimana media sosial seperti Instagram mempengaruhi proses keputusan konsumen dalam layanan kesehatan, termasuk dalam membentuk minat berkunjung pasien ke rumah sakit gigi dan mulut.

Dalam konteks pemasaran layanan kesehatan, Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (RSGM UMY) merupakan salah satu fasilitas pelayanan kesehatan yang aktif menggunakan Instagram sebagai media promosi sejak tahun 2020. Hingga Oktober 2024, akun Instagram resmi RSGM UMY telah memiliki lebih dari 4.000 pengikut dan mengunggah lebih dari 600 konten yang mencakup informasi edukatif, layanan, fasilitas, serta kegiatan sosial.⁹ Penelitian yang secara khusus menilai peran Instagram dalam meningkatkan minat berkunjung pasien di RSGM UMY belum pernah dilakukan sebelumnya, sehingga penelitian ini memiliki nilai kebaruan dalam konteks lokal Yogyakarta.

Rumah sakit gigi dan mulut pendidikan memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan rumah sakit umum karena mengemban fungsi ganda sebagai institusi pelayanan kesehatan sekaligus sebagai wahana pendidikan klinik bagi mahasiswa kedokteran gigi. Selain memberikan pelayanan kepada pasien, rumah sakit gigi pendidikan juga menjadi tempat pelaksanaan pendidikan profesi dokter gigi, penelitian, serta pengembangan ilmu pengetahuan di bidang kesehatan gigi dan mulut¹⁰. Kondisi ini menyebabkan proses pelayanan sering melibatkan mahasiswa di bawah supervisi dosen klinis, yang dapat mempengaruhi persepsi masyarakat terhadap kualitas layanan, waktu tunggu, maupun

pengalaman pasien.¹¹ Di sisi lain, rumah sakit gigi pendidikan umumnya menawarkan variasi layanan yang lebih komprehensif serta biaya perawatan yang relatif lebih terjangkau karena terintegrasi dengan kegiatan pendidikan dan pelatihan klinik.¹² Karakteristik tersebut menjadikan strategi komunikasi dan promosi layanan kesehatan pada rumah sakit gigi pendidikan memiliki dinamika yang berbeda dibandingkan rumah sakit umum, sehingga pemanfaatan media sosial seperti Instagram menjadi penting untuk membangun kepercayaan, memberikan informasi yang jelas mengenai sistem pelayanan, serta meningkatkan minat masyarakat untuk berkunjung. Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan peran Instagram dalam meningkatkan minat berkunjung pasien ke RSGM UMY.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain deskriptif menggunakan pendekatan *cross-sectional*. Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2025 terhadap pengguna aktif media sosial Instagram yang menjadi pengikut Instagram RSGM UMY. Populasi penelitian berjumlah 4.191 pengikut akun Instagram RSGM UMY pada bulan Oktober 2024, dengan jumlah sampel minimal 98 responden yang ditentukan menggunakan rumus *Slovin* pada batas toleransi kesalahan 10%. Penggunaan *margin of error* 10% dipilih karena penelitian ini bersifat deskriptif yang bertujuan untuk menggambarkan kecenderungan persepsi responden, sehingga tingkat presisi yang lebih fleksibel masih dapat digunakan, khususnya pada penelitian eksploratif dengan populasi yang relatif homogen seperti pengikut akun Instagram RSGM UMY. Untuk mengantisipasi kemungkinan tidak tercapainya jumlah minimum sampel, peneliti menambahkan 10% dari total sampel, sehingga jumlah minimum sampel yang dibutuhkan adalah 108 responden.

Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* dengan kriteria inklusi yaitu pengikut akun Instagram RSGM UMY, berusia 18 tahun ke atas, aktif menggunakan Instagram minimal satu kali dalam seminggu, serta bersedia menjadi responden. Kriteria eksklusi mencakup pegawai, mahasiswa dan alumni Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (FKG UMY). Teknik *purposive sampling* digunakan untuk memastikan responden sesuai dengan populasi target, yaitu pengikut aktif Instagram RSGM UMY yang memiliki paparan terhadap konten promosi. Namun, penggunaan teknik ini membatasi generalisasi hasil penelitian, sehingga temuan lebih merepresentasikan karakteristik pengikut Instagram RSGM UMY dan tidak dapat digeneralisasi sepenuhnya pada populasi masyarakat umum. Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan FKIK UMY dengan nomor 124/EC-KEPK FKIK UMY/IV/2025.

Instrumen penelitian berupa kuesioner yang disebarluaskan secara *online* melalui *Google Form*, terdiri atas tiga bagian yaitu: kuesioner demografi, kuesioner *Customer Path 5A*, serta dua pertanyaan terbuka untuk memperoleh tanggapan lebih luas dari responden. Penilaian setiap butir pernyataan *Customer Path 5A* menggunakan skala *Likert* 1-5. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat elektronik (laptop dan smartphone) serta koneksi internet. Penelitian ini dilaksanakan melalui

dua tahapan, yaitu tahap persiapan dan tahap pelaksanaan. Tahap persiapan meliputi penyusunan proposal penelitian, seminar proposal, serta pengurusan *ethical clearance*. Tahap pelaksanaan meliputi penyebaran *informed consent* dan kuesioner secara online melalui *direct message* kepada responden yang memenuhi kriteria, serta analisis data. Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif menggunakan distribusi frekuensi dan tabel untuk menggambarkan kecenderungan responden terhadap masing-masing tahapan *Customer Path 5A* (*Aware, Appeal, Ask, Act, dan Advocate*). Uji validitas dilakukan dengan uji korelasi *Pearson* (Tabel 1) sedangkan uji reliabilitas *Cronbach's Alpha* digunakan untuk mengukur konsistensi internal dalam penelitian. Apabila nilai *Cronbach's Coefficient Alpha* lebih besar dari 0,7, maka kuesioner dinyatakan reliabel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai koefisien *Cronbach's Alpha* seluruh variabel penelitian adalah 0,908 (lebih dari 0,7) (Tabel 2).

Tabel 1. Hasil Uji Validitas Instrumen Penelitian

Variabel	Item	r hitung	r tabel	Keterangan
<i>Aware</i>	p1	0,423	0,361	Valid
	p2	0,054	0,361	Tidak valid
	p3	0,418	0,361	Valid
	p4	0,634	0,361	Valid
<i>Appeal</i>	p5	0,550	0,361	Valid
	p6	0,715	0,361	Valid
	p7	0,536	0,361	Valid
	p8	0,643	0,361	Valid
	p9	0,658	0,361	Valid
<i>Ask</i>	p10	0,711	0,361	Valid
	p11	0,248	0,361	Tidak valid
	p12	0,398	0,361	Valid
	p13	0,274	0,361	Tidak valid
	p14	0,650	0,361	Valid
<i>Act</i>	p15	0,765	0,361	Valid
	p16	0,759	0,361	Valid
	p17	0,693	0,361	Valid
	p18	0,613	0,361	Valid
<i>Advocate</i>	p19	0,530	0,361	Valid
	p20	0,494	0,361	Valid
	p21	0,618	0,361	Valid
	p22	0,630	0,361	Valid

Tabel 2. Hasil Uji Reliabilitas

Variable	Cronbach Alpha	Nilai kritis	Keterangan
<i>Customer Path 5A</i>	0,908	0,7	<i>Reliabel</i>

HASIL

Tabel 3 menunjukkan mayoritas responden merupakan perempuan, berusia 18-25 tahun, berpendidikan terakhir SMA, berstatus pelajar/mahasiswa, dan bertempat tinggal di Daerah Istimewa

Yogyakarta, menggunakan Instagram setiap hari selama 30 menit hingga 1 jam, namun sebagian besar responden belum pernah berkunjung ke RSGM UMY.

Tabel 3. Karakteristik Responden dan Pola Penggunaan Instagram
Terkait Kunjungan ke RSGM UMY

	Frekuensi		Durasi				Pengalaman		Total	
	Setiap Hari	Beberapa kali dalam seminggu	<30 menit	30 menit - 1 jam	1 – 2 jam	2 – 3 jam	>3 jam	Sudah Pernah ke RSGM UMY		Belum Pernah ke RSGM UMY
	n(%)	n(%)	n(%)	n(%)	n(%)	n(%)	n(%)	n(%)		n(%)
Jenis Kelamin										
Perempuan	48(82,8)	10(17,2)	10(17,2)	22(37,9)	14(24,1)	6(10,3)	6(10,3)	13(22,4)	45(77,6)	58(100)
Laki-laki	38(76,0)	12(24,0)	10(20,0)	17(34,0)	12(24,0)	6(12,0)	5(10,0)	8(16,0)	42(84,0)	50(100)
Usia (Tahun)										
18-25	66(85,7)	11(14,3)	12(15,6)	30(39,0)	21(27,3)	9(11,7)	5(6,5)	18(23,4)	59(76,6)	77(100)
26-35	6(75,0)	2(25,0)	3(37,5)	3(37,5)	1(12,5)	0(0,0)	1(12,5)	2(25,0)	6(75,0)	8(100)
36-45	5(45,5)	6(54,5)	4(36,4)	3(27,3)	2(18,2)	0(0,0)	2(18,2)	1(9,1)	10(90,9)	11(100)
>45	4(33,3)	8(66,7)	1(8,3)	3(25,0)	2(16,7)	3(25,0)	3(25,0)	0(0,0)	12(100,0)	12(100)
Pendidikan Terakhir										
SMP	1(100)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	1(100,0)	0(0,0)	0(0,0)	0(0,0)	1(100,0)	1(100)
SMA	52(86,7)	8(13,3)	9(15,0)	29(48,3)	14(23,3)	6(10,0)	2(3,3)	10(16,7)	50(83,3)	60(100)
Perguruan Tinggi (D3/S1/S2/S3)	33(70,2)	14(29,8)	11(23,4)	10(21,3)	11(23,4)	6(12,8)	9(19,1)	11(23,4)	36(76,6)	47(100)
Pekerjaan										
Pelajar/ Mahasiswa	59(89,4)	7(10,6)	8(12,1)	27(40,9)	19(28,8)	9(13,6)	3(4,5)	14(21,2)	52(78,8)	66(100)
Pegawai Negeri Sipil	5(41,7)	7(58,3)	4(33,3)	3(25,0)	2(16,7)	1(8,3)	2(16,7)	0(0,0)	12(100,0)	12(100)
Pegawai Swasta	7(87,5)	1(12,5)	1(12,5)	4(50,0)	1(12,5)	1(12,5)	1(12,5)	3(37,5)	5(62,5)	8(100)
Lainnya	15(68,2)	7(31,8)	3(31,8)	11(52,7)	4(18,2)	0(4,5)	4(22,7)	4(18,2)	18(81,8)	22(100)
Tempat Tinggal Daerah										
Istimewa Yogyakarta (DIY)	70(81,4)	16(18,6)	14(16,3)	30(34,9)	22(25,6)	10(11,6)	10(11,6)	16(18,6)	70(81,4)	86(100)
Luar DIY	16(72,2)	6(27,3)	6(27,3)	9(40,9)	4(18,2)	2(9,1)	1(4,5)	5(22,7)	17(77,3)	22(100)

Penelitian ini menggunakan kuesioner *Customer Path 5A*, yang mencakup tahap *Aware*, *Appeal*, *Ask*, *Act*, dan *Advocate*, untuk menilai sejauh mana media sosial Instagram berperan meningkatkan minat berkunjung pasien ke RSGM UMY. Penilaian kuesioner menggunakan skala *Likert* dengan skor 1 hingga 5, yaitu 1 = sangat tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 = netral, 4 = setuju, dan 5 = sangat setuju.

Tabel 4 menunjukkan pada tahap *Aware* mayoritas responden mengetahui keberadaan RSGM UMY melalui Instagram, dengan persentase tertinggi terdapat pada pernyataan nomor 1 (47,2% setuju; 31,5% sangat setuju).

Tabel 4. Distribusi Frekuensi *Customer Path 5A* pada tahap *Aware*

<i>Customer Path 5A</i>	STS		TS		N		S		SS		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Aware</i>												
1. Saya mengetahui keberadaan RSGM UMY melalui Instagram.	0	0,0	4	3,7	19	17,6	51	47,2	34	31,5	108	100
2. Informasi yang saya lihat di Instagram RSGM UMY membantu saya mengetahui ketersediaan perawatan gigi yang saya butuhkan.	9	8,3	9	8,3	25	23,1	30	27,8	35	32,4	108	100

3. Unggahan Instagram RSGM UMY membuat saya mengingat RSGM UMY saat mengalami sakit gigi.	2	1,9	8	7,4	40	37,0	36	33,3	22	20,4	108	100
---	---	-----	---	-----	----	------	----	------	----	------	-----	-----

Tabel 5 menunjukkan pada tahap *Appeal* yang memiliki persentase tertinggi ditunjukkan oleh pernyataan nomor 2, yang menunjukkan bahwa informasi yang disajikan di Instagram mampu meyakinkan responden terhadap kualitas layanan RSGM UMY (41,7% setuju; 40,7% sangat setuju).

Tabel 5. Distribusi Frekuensi *Customer Path 5A* pada tahap *Appeal*

<i>Customer Path 5A</i>	STS		TS		N		S		SS		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Appeal</i>												
1. Konten yang ditampilkan oleh RSGM UMY di media sosial Instagram menarik bagi saya.	0	0,0	5	4,6	22	20,4	46	42,6	35	32,4	108	100
2. Saya merasa konten yang dibagikan oleh RSGM UMY di Instagram relevan dengan kebutuhan saya.	0	0,0	2	1,9	30	27,8	53	49,1	23	21,3	108	100
3. Informasi layanan di Instagram RSGM UMY disajikan dengan menarik dan jelas.	0	0,0	4	3,7	16	14,8	51	47,2	37	34,3	108	100
4. Informasi yang saya lihat di Instagram RSGM UMY membuat saya merasa bahwa harga perawatan di RSGM UMY harganya tidak terlalu mahal.	0	0,0	4	3,7	39	36,1	43	30,8	22	20,4	108	100

Tabel 6. Distribusi Frekuensi *Customer Path 5A* pada tahap *Ask*

<i>Customer Path 5A</i>	STS		TS		N		S		SS		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Ask</i>												
1. Saya mencari informasi lebih lanjut mengenai layanan RSGM UMY setelah melihat postingan di Instagram.	1	0,9	6	5,6	28	25,9	42	38,9	31	28,7	108	100
2. Foto dan video di Instagram RSGM UMY memberikan saya gambaran yang lebih jelas tentang fasilitas dan layanan yang tersedia.	0	0,0	3	2,8	12	11,1	48	44,4	45	41,7	108	100
3. Saya mengetahui jadwal praktik dokter di RSGM UMY melalui unggahan di Instagram.	0	0,0	3	2,8	24	22,2	49	45,4	32	29,6	108	100

Tabel 6 menunjukkan pernyataan nomor 2 pada tahap *Ask* mengenai konten visual berupa foto dan video memberikan gambaran yang jelas mengenai fasilitas dan layanan memperoleh persentase

tertinggi (44,4% setuju; 41,7% sangat setuju). Tabel 7 menunjukkan pada tahap *Act* kemudahan dalam mengambil keputusan untuk berkunjung memiliki persentase tertinggi, ditunjukkan pada pernyataan nomor 1 (50,0% setuju; 23,6% sangat setuju). Tabel 8 menunjukkan pada tahap *Advocate*, kecenderungan responden untuk merekomendasikan RSGM UMY juga mendapat persentase paling tinggi, ditunjukkan oleh pernyataan nomor 1 (45,4% setuju; 29,6% sangat setuju).

Tabel 7. Distribusi Frekuensi *Customer Path 5A* pada tahap *Act*

<i>Customer Path 5A</i>	STS		TS		N		S		SS		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Act</i>												
1. Saya lebih mudah membuat keputusan untuk berkunjung ke RSGM UMY setelah melihat konten di Instagram.	1	0,9	3	2,8	24	22,2	54	50,0	26	23,6	108	100
2. Informasi yang saya dapatkan dari Instagram RSGM UMY mendorong saya untuk berkunjung ke RSGM UMY.	0	0,0	7	6,5	37	34,3	40	37,0	24	22,2	108	100
3. Informasi yang saya lihat di Instagram RSGM UMY membantu saya mengetahui bahwa semua layanan yang saya butuhkan tersedia di RSGM UMY	0	0,0	4	3,7	29	26,9	51	47,2	24	22,2	108	100
4. Saya lebih percaya dengan kualitas layanan di RSGM UMY setelah melihat unggahan di Instagram.	0	0,0	6	5,6	23	21,3	48	44,4	31	28,7	108	100

Tabel 8. Distribusi Frekuensi *Customer Path 5A* pada tahap *Advocate*

<i>Customer Path 5A</i>	STS		TS		N		S		SS		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Advocate</i>												
1. Saya akan merekomendasikan RSGM UMY kepada teman atau keluarga berdasarkan informasi yang saya dapat dari Instagram.	0	0,0	3	2,8	24	22,2	49	45,4	32	29,6	108	100
2. Konten yang saya lihat di Instagram RSGM UM membuat saya lebih yakin untuk merekomendasikan RSGM UMY kepada orang lain yang mencari tempat perawatan gigi	0	0,0	5	4,6	24	22,2	47	43,5	32	29,6	108	100
3. Informasi dan promosi di Instagram RSGM UMY membuat saya lebih memilih melakukan perawatan di RSGM UMY daripada di klinik gigi lain.	1	0,9	8	7,4	37	34,3	43	39,8	19	17,6	108	100
4. Setelah mengetahui RSGM UMY melalui Instagram, saya lebih sering melakukan	1	0,9	15	13,9	35	32,4	38	35,2	19	17,6	108	100

perawatan gigi di RSGM UMY
dibandingkan di klinik gigi lain.

Pada Tabel 9 terlihat bahwa secara keseluruhan, *Customer Path 5A* memiliki nilai mean 19,5 dari total 25, dengan *standard deviation* 3,546 dan 95%, *confidence interval for mean* berkisar antara 18,81 hingga 20,18. Tahapan dengan nilai mean tertinggi adalah tahap Ask, yakni sebesar 4,05 dengan *standard deviation* 0,694.

Tabel 9. Nilai Mean, Standar Deviation, dan 95% Confidence Interval for Mean setiap dimensi *Customer Path 5A*

<i>Customer Path 5A</i>	Min	Max	Mean	Std. Deviation	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
<i>Aware</i>	2	5	3,79	0,748	3,64	3,93
<i>Appeal</i>	2	5	4,00	0,666	3,87	4,13
<i>Ask</i>	2	5	4,05	0,694	3,92	4,18
<i>Act</i>	2	5	3,86	0,696	3,73	4,00
<i>Advocate</i>	2	5	3,80	0,742	3,65	3,94
Total	10	25	19,5	3,546	18,81	20,18

Penilaian responden terhadap peran informasi Instagram RSGM UMY dalam memilih layanan perawatan gigi dikategorikan menjadi “Ya” dan “Tidak”. Tabel 10 menunjukkan mayoritas responden menyatakan bahwa informasi melalui Instagram RSGM UMY membantu dalam memilih layanan perawatan gigi, dengan 102 responden (94,44%) menjawab “Ya” dan 6 responden (5,56%) menjawab “Tidak”, yang menunjukkan bahwa sebagian besar responden merasa terbantu dalam menilai layanan yang disediakan.

Tabel 10. Distribusi jawaban responden mengenai pertanyaan kemanfaatan informasi Instagram RSGM UMY

Jawaban	Frekuensi	Persentase
Ya	102	94,44%
Tidak	6	5,56%
Total	108	100%

PEMBAHASAN

Dominasi responden perempuan menunjukkan bahwa kelompok perempuan lebih aktif memanfaatkan Instagram. Keaktifan tersebut tercermin dari intensitas interaksi di Instagram, seperti berbagi foto dan memberikan tanda suka dibandingkan laki-laki.¹³ Perempuan juga cenderung lebih dominan mengakses media sosial sebagai hiburan pada malam hari setelah beraktivitas.¹⁴ Kelompok usia 18–25 tahun mendominasi responden dan menunjukkan intensitas penggunaan Instagram yang

tinggi, menandakan bahwa platform ini sangat relevan bagi generasi muda. Sebagian besar pengguna Instagram usia muda memanfaatkan *platform* tersebut untuk hiburan serta interaksi sosial.¹⁵ Rumah sakit menargetkan promosi kesehatan melalui Instagram kepada masyarakat usia produktif sebagai upaya pencegahan dan peningkatan perilaku hidup sehat.¹⁶

Responden dengan tingkat pendidikan SMA menunjukkan intensitas penggunaan Instagram yang tinggi, yang mengindikasikan bahwa media sosial menjadi bagian penting dalam aktivitas sehari-hari kelompok ini. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa integrasi penggunaan media sosial dalam aktivitas sehari-hari paling tinggi pada kelompok dengan pendidikan terakhir SMA.¹⁷ Pelajar dan mahasiswa merupakan kelompok yang paling aktif menggunakan Instagram, yang menunjukkan bahwa media sosial memiliki potensi besar dalam menjangkau kelompok usia akademik. Hal ini tercermin dari pemanfaatan Instagram oleh mahasiswa sebagai sarana pembelajaran dan hiburan yang mendukung perluasan wawasan.¹⁸ Sebaliknya, penggunaan Instagram pada kelompok PNS relatif lebih terbatas karena adanya pedoman dan etika dalam bermedia sosial.¹⁹ Mayoritas responden berdomisili di Daerah Istimewa Yogyakarta, yang menunjukkan bahwa faktor lokasi dan kemudahan akses turut berperan dalam ketertarikan terhadap RSGM UMY. Lokasi memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap keputusan pembelian.²⁰

Berdasarkan *Customer Path 5A*, pada tahap *Aware* Instagram berperan sebagai sumber informasi awal yang memperkenalkan RSGM UMY kepada masyarakat. Media sosial berperan kuat dalam meningkatkan kesadaran merek dan mempengaruhi keputusan penggunaan layanan kesehatan.²¹ Tahap *Appeal* menunjukkan bahwa konten Instagram mampu membentuk persepsi positif terhadap kualitas layanan RSGM UMY. Hal ini didukung oleh temuan penelitian yang menunjukkan bahwa Instagram mampu membangun persepsi positif terhadap kualitas layanan melalui penyajian informasi yang akurat, terpercaya, dan mudah dipahami.²² Pada tahap *Ask*, konten visual berupa foto dan video berperan penting dalam membantu masyarakat memahami fasilitas dan layanan yang tersedia. Konten visual seperti foto, video, dan reel berperan penting dalam strategi pemasaran media sosial karena secara signifikan meningkatkan daya tarik konsumen.²³

Tahap *Ask* menjadi tahap yang paling dominan dalam penelitian ini, menunjukkan bahwa pengguna Instagram cenderung mencari informasi lebih lanjut sebelum mengambil keputusan menggunakan layanan kesehatan. Dalam konteks pelayanan kesehatan gigi dan mulut, keputusan untuk menjalani perawatan seringkali memerlukan pertimbangan yang lebih tinggi karena berkaitan dengan prosedur klinis, rasa takut terhadap perawatan gigi, serta kebutuhan untuk memahami jenis layanan dan fasilitas yang tersedia. Selain itu, mayoritas responden dalam penelitian ini merupakan kelompok usia 18–25 tahun yang termasuk pengguna aktif media sosial dan cenderung memanfaatkan platform digital sebagai sumber informasi sebelum mengambil keputusan. Kondisi tersebut mendorong responden untuk mencari informasi tambahan melalui konten visual, jadwal layanan, maupun informasi dokter yang tersedia di Instagram RSGM UMY. Hal ini menjelaskan mengapa tahap *Ask*, yang berkaitan dengan

aktivitas pencarian informasi sebelum pengambilan keputusan, menjadi tahap yang paling dominan dalam proses pembentukan minat berkunjung pasien.

Tahap *Act* menunjukkan bahwa ketertarikan yang terbentuk sebelumnya berlanjut menjadi tindakan nyata berupa keputusan berkunjung. *Social media marketing* berpengaruh positif dan signifikan dalam memperkuat citra produk serta meningkatkan niat berkunjung, baik secara langsung maupun tidak langsung.²⁴ Pada tahap *Advocate*, pengalaman informasi yang positif mendorong responden untuk merekomendasikan RSGM UMY kepada orang lain. Tingkat keputusan yang tinggi terhadap layanan mendorong keinginan konsumen untuk merekomendasikan kepada orang lain.²⁵

Sebagian besar responden merasakan manfaat dari informasi yang disajikan melalui Instagram RSGM UMY dalam membantu memilih layanan perawatan gigi. Pemanfaatan Instagram menjadi strategi komunikasi yang relevan dan adaptif dalam penyampaian informasi kesehatan serta pembentukan citra institusi di era digital.²⁶

Temuan penelitian ini memiliki implikasi strategis bagi pengelolaan konten media sosial RSGM UMY. Dominannya tahap *Ask* menunjukkan bahwa calon pasien membutuhkan informasi yang jelas dan mudah diakses sebelum mengambil keputusan berkunjung. Oleh karena itu, pengelola Instagram RSGM UMY perlu mengoptimalkan konten yang bersifat informatif dan edukatif, seperti informasi layanan, fasilitas, serta jadwal praktik dokter. Penyajian informasi yang transparan dan mudah dipahami diharapkan dapat meningkatkan kepercayaan calon pasien serta mendorong minat berkunjung.

Temuan penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dengan memperluas penerapan model *Customer Path 5A* dalam konteks layanan kesehatan, khususnya pada rumah sakit gigi dan mulut pendidikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahapan *Aware*, *Appeal*, *Ask*, *Act*, dan *Advocate* dapat digunakan untuk menjelaskan proses pembentukan minat berkunjung pasien melalui media sosial. Dominannya tahap *Ask* menunjukkan pentingnya ketersediaan informasi visual yang jelas dan mudah diakses dalam proses pencarian informasi sebelum pasien mengambil keputusan untuk berkunjung. Temuan ini mendukung relevansi model *Customer Path 5A* sebagai kerangka analisis dalam memahami perilaku konsumen pada pemasaran digital layanan kesehatan.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, desain penelitian cross-sectional hanya menggambarkan kondisi pada satu waktu sehingga tidak dapat menjelaskan hubungan kausal antara pemanfaatan Instagram dan minat berkunjung pasien. Kedua, penggunaan teknik purposive sampling dengan responden yang terbatas pada pengikut Instagram RSGM UMY menyebabkan hasil penelitian lebih merepresentasikan karakteristik kelompok tersebut dan tidak dapat digeneralisasi secara luas pada populasi masyarakat. Selain itu, mayoritas responden berasal dari kelompok usia muda yang merupakan pengguna aktif media sosial, sehingga persepsi yang diperoleh mungkin berbeda dengan kelompok usia lain. Penelitian selanjutnya disarankan melibatkan populasi yang lebih beragam serta mengkaji berbagai platform media sosial untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai pengaruh media sosial terhadap minat berkunjung pasien.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa Instagram berperan dalam membentuk minat berkunjung pasien ke RSGM UMY melalui seluruh tahapan *Customer Path 5A*. Peran tersebut didukung oleh karakteristik responden yang didominasi oleh kelompok usia muda, pelajar atau mahasiswa, dan pengguna aktif Instagram, sehingga platform ini menjadi media yang relevan untuk promosi layanan kesehatan. RSGM UMY disarankan untuk mengoptimalkan pemanfaatan Instagram melalui konten edukatif, informatif, dan interaktif serta meningkatkan responsivitas terhadap pengguna. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melibatkan media sosial lain guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai pengaruh media sosial terhadap minat berkunjung pasien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. DataReportal. Digital 2023: Indonesia. DataReportal - Global Digital Insights. 2023; <https://datareportal.com/reports/digital-2023-indonesia>
- [2]. Burhan L, Sulistiadi W. Optimalisasi Strategi Digital Marketing Bagi Rumah Sakit. *Branding: Jurnal Manajemen dan Bisnis*. 2022;1(1):21–2. <https://doi.org/10.15575/jb.v1i1.17202>
- [3]. Masyitoh CD, Sumarni S, Sarwadhama RJ. The Effectiveness of Social Media Facebook and Instagram as Hospital Promotional Media. *Jurnal Manajemen Kesehatan Indonesia*. 2021;9(3):240. <https://doi.org/10.14710/jmki.9.3.2021.236-241>
- [4]. Yuceer B, Sarkbay OF, Basal M. The Effect of Consumer Attitude on the Effect of Social Media Marketing on Hospital Promotion Activities through Content Marketing. *Scientific Research Publishing*. 2024;12(02):388–9. <https://doi.org/10.4236/jss.2024.122021>
- [5]. MarkPlus, Inc. Mempelajari Customer Journey dengan 5A. 2024;2024. <https://www.markplusinc.com/featured-insights/publications/customer-journey-5a>
- [6]. Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2017). *Marketing 4.0: Moving from traditional to digital*. John Wiley & Sons.
- [7]. Ajzen, I. The theory of planned behavior: Frequently asked questions. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2020; 2(4), 314–324. <https://doi.org/10.1002/hbe2.195>
- [8]. Batra, R., & Keller, K. L. Integrating marketing communications: New findings, new lessons, and new ideas. *Journal of Marketing*, 2016; 80(6), 122–145. <https://doi.org/10.1509/jm.15.0419>
- [9]. RSGM_UMY. Instagram profile. 2024; https://www.instagram.com/rsgm_umy
- [10]. Formicola, A. J., Bailit, H. L., D'Abreu, K. C., Stavisky, J. S., Bau, I., Zamora, G., & Tedesco, L. A. The dental school–community partnership: A model for education and service. *Journal of Dental Education*, 2018; 82(10), 1057–1063. <https://doi.org/10.21815/JDE.018.107>
- [11]. Nash, D. A., Friedman, J. W., Kardos, T. B., Kardos, R. L., Schwarz, E., Satur, J., Berg, D. G., et al. Dental therapists: A global perspective. *International Dental Journal*, 2017; 67(2), 67–75. <https://doi.org/10.1111/idj.12274>
- [12]. Haden, N. K., Andrieu, S. C., Chadwick, D. G., Chmar, J. E., Cole, J. R., George, M. C., et al. The dental education environment. *Journal of Dental Education*, 2010; 74(12), 1269–1283.
- [13]. Laor T. My social network: Group differences in frequency of use, active use, and interactive use on Facebook, Instagram and Twitter. *Technology in Society*. 2022;68:101922.

- <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101922>
- [14]. Rizqiani W, Hidayat N. Analisis Frekuensi dalam Penggunaan Media Sosial Berdasarkan Gender (Studi Kasus Masyarakat Buddhis di Indonesia). *Dhammadharmavicaya Jurnal Pengkajian Dhamma*. 2025;8(2):69–70. <https://doi.org/10.47861/dhammadharmavicaya.v8i2.1633>
- [15]. Sihite PI. Distribusi Proporsi dan Nilai Rata-rata Penggunaan Media Sosial Instagram Berdasarkan Dataset Publik. *Jurnal Sains Student Research*. 2025;3(1):131–5. <https://doi.org/10.61722/jssr.v3i1.3237>
- [16]. Yustikasari, Anisa R, Dewi R, Priyo S, Ananda F. Social Media as a Catalyst: Exploring the Impact of Instagram on Health Promotion Practices in Private Hospitals of West Java. *Sociologia y Tecnociencia*. 2024;14(2):23–39. <https://doi.org/10.24197/st.2.2024.23-39>
- [17]. Ardelia V, Jaro'ah S. Exploring Social Media Use Integration Based on Educational Level Among Emerging Adults. *International Journal of Current Educational Research*. 2023;2(2):106–14. <https://doi.org/10.53621/ijocer.v2i2.249>
- [18]. Nurfalah F, Brajadenta G, Siraj N, Santika RN, Forrer C. Social media for Indonesian and Philippines students. *Jurnal Kajian Komunikasi*. 2023;11(1):49–58. <https://doi.org/10.24198/jkk.v11i1.46555>
- [19]. Badan Kepegawaian Negara (BKN). PNS baru di BKN diingatkan untuk bijak bermedia sosial. Jakarta: BKN; 2023. <https://www.bkn.go.id/pns-baru-di-bkn-diingatkan-untuk-bijak-bermedia-sosial/>
- [20]. Prayogi J, Surya I, Naipospos NY. Pengaruh Lokasi terhadap Keputusan Pembelian Rumah di Residence Johor City. *Jurnal Insitusi Politeknik Ganesha Medan Juripol*. 2024;7(2):573–81. <https://doi.org/10.59689/commo.v5i1.1014>
- [21]. Fatmasari EY, Kusumastuti W. The Power of Social Media in Creating Branding Awareness for Hospital Customers at Teaching Hospital of Dental and Oral in Semarang. *Journal for Quality in Public Health*. 2025;8(2):212–21. <https://doi.org/10.30994/jqph.v8i1.539>
- [22]. Aisya L. Persepsi Followers Terhadap Akun Instagram @ infotije dalam Memenuhi Kebutuhan Informasi Pelanggan Transjakarta. *Merkurius: Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika*. 2024;2(4):110–21. <https://doi.org/10.61132/mercurius.v2i4.156>
- [23]. Alam A, Rusiana AS, Rahmawati E, Isman. Impact of Instagram visual content on eWOM for Sharia hotels in Indonesia. *Innovative Marketing*. 2024;20(4):52–61. [https://doi.org/10.21511/im.20\(4\).2024.05](https://doi.org/10.21511/im.20(4).2024.05)
- [24]. Nadiastuti NS, Haro A, Krissanya N. Pengaruh Social Media Marketing, User-Generated Content, Destination Image terhadap Visit Intention di Desa Wisata Wae Rebo. *Jurnal Manajemen Terapan dan Keuangan*. 2025;14(02):933–47. <https://doi.org/10.22437/jmk.v14i2.46535>
- [25]. Dewi NPAC, Suardana IBR. Examining Consumer Behavior Using Social Media Instagram in Marketing 4.0 Era based on *Customer Path 5A*. *Journal of Business on Hospitality and Tourism*. 2021;07(02):205–12. <https://doi.org/10.22334.jbhost.v7i2.314>
- [26]. Rahmadini IM, Ayuningtyas D. The Utilization of Instagram as a Health Education and Branding Media at Aysha Islamic Hospital. *Journal Social Research*. 2025;04(06):1041-1084. <https://doi.org/10.55324/josr.v4i6.2556>



ARTIKEL RISET

URL artikel: <http://e-jurnal.fkg.umi.ac.id/index.php/Sinnunmaxillofacial>

Perbedaan Kekuatan Tekan Antara Komposit Bulkfill dan Komposit Incremental

Risnayanti Anas¹, Erna Irawati A², Chusnul Chotimah³, Kurniaty Pamewa⁴, Ninis Karlina⁵

^{1,2}Departemen Ilmu Bahan dan Teknologi Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muslim Indonesia

³Departemen Prostodonsia, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muslim Indonesia

⁴Departemen Ilmu Kedokteran Gigi Anak, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muslim Indonesia

⁵Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Muslim Indonesia

Email Penulis Korespondensi (K): risnayanti.anas@gmail.com¹

ernairawati97@gmail.com², chusnulchotimah70@gmail.com³, kpamewa@gmail.com⁴,

karlinaninis84@gmail.com⁵

(082188248782)

ABSTRAK

Pendahuluan: Resin komposit merupakan material restorasi estetik yang banyak digunakan karena memiliki warna menyerupai gigi, mudah dimanipulasi, serta mampu berikatan secara adhesif dengan struktur gigi. Perkembangan material menghadirkan resin komposit bulk-fill yang memungkinkan penumpatan hingga ± 4 mm dalam satu kali aplikasi, dengan keuntungan berupa efisiensi waktu kerja tanpa mengurangi kualitas polimerisasi. **Tujuan penelitian:** Untuk mengetahui perbedaan antara kekuatan tekan komposit *bulkfill* dan komposit *konvensional*. **Bahan dan Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris dengan desain penelitian *post-test only group design* yaitu pengujian dilakukan setelah pemberian perlakuan pada kelompok resin komposit *bulkfill* dan resin komposit *konvensional*. Pengujian dilakukan menggunakan alat *universal testing machine (UTM)*. **Hasil:** uji statistik menggunakan *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa data berdistribusi normal ($p > 0,05$). Selanjutnya, uji *t independen* menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok ($p > 0,05$). **Kesimpulan:** Tidak terdapat perbedaan signifikan pada kekuatan tekan antara komposit *bulkfill* dan komposit *konvensional*, meskipun secara rata-rata komposit *bulkfill* menunjukkan kekuatan tekan yang lebih baik.

Kata kunci: Resin komposit; *bulkfill*; *incremental*; kekuatan tekan; resin komposit konvensional

PUBLISHED BY:

Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Pajonga Dg. Nagalle. 27 Pab'batong (Kampus I UMI)
Makassar, Sulawesi Selatan.

Email: sinnunmaxillofacial.fkgumi@gmail.com

Article history:

Received 23 Des 2025
Received in revised form 8 Mar 2026
Accepted 17 Apr 2026
Available online 30 Apr 2026

licensed by [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



ABSTRACT

Introduction: Resin composite materials are esthetic restorative materials that are widely used because they have tooth-like color, are easy to manipulate, and are capable of forming adhesive bonds with tooth structure. However, the bulk-fill technique was developed to allow placement up to 4 mm with shorter working time. **Objective:** To determine the difference between the strength of bulkfill composites and incremental composites. **Materials and Methods:** This study employed a laboratory experimental design with a post-test group design, in which testing was conducted after treatment on bulk-fill and incremental composite resins. Each group consisted of 16 samples. Testing was carried out at the Physical Metallurgy Laboratory of Hasanuddin University using a Universal Testing Machine (UTM). **Results:** Statistical analysis using the Shapiro–Wilk test showed that the data were normally distributed ($p > 0.05$), while the independent *t*-test indicated no significant difference between the two groups ($p < 0.05$). **Conclusion:** There was no significant difference in compressive strength between bulk-fill and incremental composite resins, although the bulk-fill composite showed a higher mean compressive strength.

Keywords: Composite resin; bulk-fill; incremental; compressive strength

PENDAHULUAN

Kesehatan mulut merupakan komponen integral dari kesehatan umum dan sangat berpengaruh terhadap kualitas hidup manusia. Masalah kesehatan gigi dan mulut di Indonesia meliputi karies gigi yang tinggi, tingkat aksesibilitas perawatan gigi masih rendah dan kurangnya edukasi mengenai perawatan kesehatan gigi dan mulut di masyarakat. Salah satu permasalahan kesehatan gigi dan mulut yang menderita oleh masyarakat Indonesia ialah karies dan memiliki prevalensi tertinggi sebesar 88,8%. Perawatan untuk penyakit karies gigi adalah dengan melakukan perawatan restoratif agar dapat mengembalikan fungsi mastikasi, bentuk anatomi gigi, warna, estetika, fonetik, serta kepercayaan diri pasien dapat dipertahankan.^{1,2,3}

Resin komposit merupakan bahan tumpatan yang banyak di gunakan karena memiliki estetik yang baik. Selain itu, resin komposit juga memiliki sifat mekanik yang penting, antara lain kekuatan tekan, kekerasan permukaan, modulus elastisitas, serta ketahanan terhadap aus (*Wear rates*). Sifat mekanik tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik intrinsik maupun ekstrinsik. Faktor intrinsik meliputi komposisi dan karakteristik material, sedangkan faktor ekstrinsik antara lain dipengaruhi oleh makanan dan minuman yang dikonsumsi pasien. Selain itu, kekuatan tekan resin komposit tidak hanya ditentukan oleh jenis material, tetapi juga oleh teknik penempatan dan penumpatan bahan di dalam kavitas. Teknik penumpatan yang tidak adekuat dapat menyebabkan terbentuknya celah, meningkatkan risiko terjadinya retakan, serta menurunkan kemampuan restorasi dalam menahan beban kunyah.^{4,5}

Pada tahun 2010, diperkenalkan resin komposit tipe *bulkfill*, yang merupakan modifikasi dari resin komposit *packable*. Resin komposit *bulkfill* memiliki kelebihan, yaitu *shrinkage*-nya rendah dan dapat dipolimerisasi dengan ketebalan penyinaran hingga 4 mm, karena bersifat translusen, sehingga transmisi sinar dari *light curing unit* dapat melewati keseluruhan ketebalan resin komposit.⁵

Penempatan resin komposit *bulk-fill* dalam satu lapisan menunjukkan bahwa material ini mampu menghasilkan tekanan polimerisasi (*polymerization shrinkage stress*) yang lebih rendah dibandingkan teknik *incremental*, sehingga dapat meminimalkan terjadinya kebocoran mikro

(*microleakage*) pada tepi preparasi. Beberapa peneliti melaporkan bahwa resin komposit *bulk-fill* merupakan material restorasi yang efektif karena memungkinkan pengisian kavitas dalam satu tahap aplikasi serta menghasilkan tekanan polimerisasi (*polymerization shrinkage stress*) yang lebih rendah dibandingkan dengan teknik incremental.

Penggunaan resin komposit *bulk-fill* memungkinkan prosedur restorasi dilakukan lebih cepat dibandingkan dengan teknik penempatan bertahap (*incremental technique*), terutama apabila waktu penyinaran (*curing time*) yang digunakan relatif sama. Namun demikian, resin komposit *bulk-fill* juga memiliki beberapa keterbatasan, salah satunya adalah potensi sifat mekanik yang lebih rendah dibandingkan resin komposit konvensional pada kondisi tertentu.

Selain itu, resin komposit *bulk-fill* cenderung memiliki tingkat penyerapan air (*water sorption*) yang dipengaruhi oleh komposisi material, khususnya rasio *filler* dan matriks resin. Semakin tinggi kandungan *filler*, maka penyerapan air cenderung lebih rendah, sedangkan kandungan matriks resin yang lebih tinggi akan meningkatkan penyerapan air. Penyerapan air ini dapat menyebabkan perubahan warna (*discoloration*), pelepasan monomer residu, serta penurunan sifat mekanik material.⁶

Teknik penempatan bertahap (*incremental technique*) merupakan metode yang umum digunakan untuk mengurangi risiko terjadinya *polymerization shrinkage*. Pada teknik ini, resin komposit diaplikasikan ke dalam kavitas secara berlapis dengan ketebalan maksimal 2 mm pada setiap lapisan berikutnya hingga kavitas terisi penuh dan anatomi gigi dapat dibentuk kembali. Teknik incremental dilaporkan mampu meningkatkan adaptasi marginal serta mengurangi tekanan penyusutan polimerisasi akibat berkurangnya volume material yang mengalami kontraksi pada setiap tahap aplikasi.^{7,8}

Kekuatan tekan (*compressive strength*) merupakan salah satu sifat mekanis penting yang harus dimiliki oleh bahan restorasi, karena mencerminkan kemampuan material dalam menahan beban kunyah selama proses mastikasi serta ketahanannya terhadap fraktur akibat tekanan. Ketika suatu material menerima gaya tekan, akan timbul distribusi tegangan kompleks (*complex stress*) yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktural. Oleh karena itu, kekuatan tekan menjadi parameter penting dalam menentukan keberhasilan dan ketahanan klinis suatu restorasi.

Salah satu faktor yang dapat memengaruhi kekuatan tekan resin komposit adalah teknik penempatan yang digunakan selama prosedur restorasi. Secara umum, terdapat dua pendekatan, yaitu teknik penempatan bertahap (*incremental technique*) pada resin komposit konvensional dan penggunaan resin komposit *bulk-fill* yang memungkinkan aplikasi dalam satu tahap. Teknik *incremental* banyak digunakan karena mampu mengurangi pembentukan celah akibat tekanan polimerisasi (*polymerization shrinkage stress*) serta meningkatkan kualitas ikatan antara resin komposit dan jaringan gigi.

Kekuatan tekan (*compressive strength*) merupakan salah satu sifat mekanis penting yang harus dimiliki oleh bahan restorasi, karena mencerminkan kemampuan material dalam menahan beban kunyah selama proses mastikasi serta ketahanannya terhadap fraktur akibat tekanan. Ketika suatu material menerima gaya tekan, akan timbul distribusi tegangan kompleks (*complex stress*) yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktural. Oleh karena itu, kekuatan tekan menjadi parameter

penting dalam menentukan keberhasilan dan ketahanan klinis suatu restorasi.^{4,9,10}

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan desain *post-test only group design*, yaitu dilakukan uji sesudah dilakukan penumpatan menggunakan komposit *bulkfill* dan komposit konvensional. Pengujian kekuatan tekan dilakukan menggunakan alat *universal testing machine*.

Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Metalurgi Fisik Departemen Teknik Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa dilakukan pada bulan September – Desember 2025.

Jumlah sampel dalam penelitian ini adalah 32 sampel, yang dibagi menjadi dua kelompok, masing-masing terdiri dari 16 sampel. Setiap sampel dibuat dengan ketebalan 4 mm. Kelompok A resin komposit *bulk-fill*, sedangkan kelompok B resin komposit konvensional yang diaplikasikan dengan teknik incremental. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *Purposive Sampling*, dimana peneliti menentukan pengambilan sampel dengan cara menerapkan ciri-ciri khusus yang sesuai dengan tujuan penelitian.

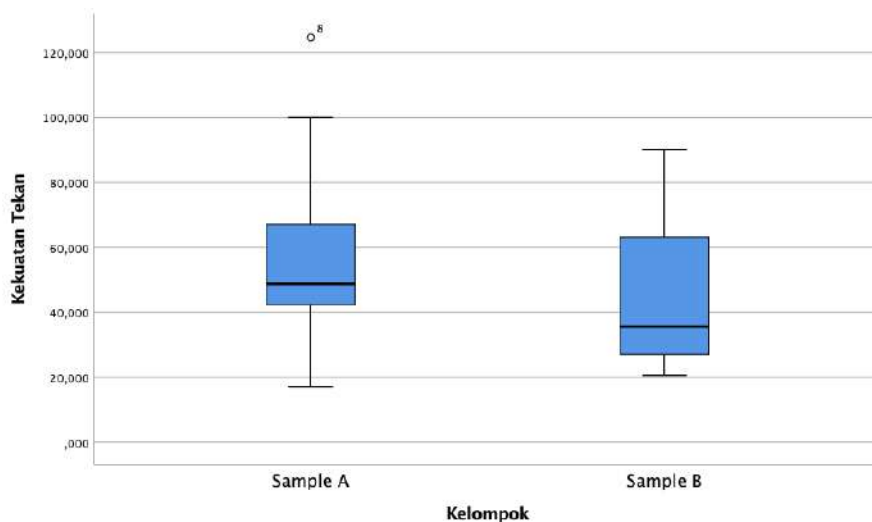
Pengujian dilakukan dengan menempatkan sampel pada posisi ditengah alat uji. Beban diberikan secara vertikal hingga terjadi penekanan pada sampel. Mesin dioperasikan dengan kecepatan 0,5 mm/menit. Nilai beban maksimum dicatat melalui monitor Universal Testing Machine dalam satuan Newton (N), yaitu beban yang diperlukan hingga sampel mengalami fraktur.

HASIL

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan kekuatan tekan antara komposit *bulkfill* dan komposit konvensional. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh nilai rerata kekuatan tekan pada kelompok A (Komposit *Bulkfill*) sebesar 58,302 N/m², sedangkan pada kelompok B (Komposit *Konvensional*) sebesar 44,800 N/m². Data hasil pengujian kekuatan tekan pada masing-masing kelompok dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil uji kekuatan tekan pada kedua kelompok

	Kelompok	N	Rata-Rata	Standar Deviasi
Kekuatan Tekan	Kelompok A (Komposit <i>Bulkfill</i>)	16	58,302	28,032
	Kelompok B (Komposit <i>Konvensional</i>)	16	44,800	21,763



Gambar 1 Hasil uji kekuatan tekan (N/M)

Pada penelitian ini, uji normalitas dilakukan menggunakan uji *Shapiro-Wilk*. Dimana hasil uji didapatkan nilai $p\text{-value} > 0.05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal.

Tabel 2. Hasil uji perbandingan kekuatan tekan pada kedua kelompok

	Kelompok	N	Rata-Rata	Standar Deviasi	P-value
Kekuatan Tekan	Kelompok A (Komposit <i>Bulkfill</i>)	16	58,302	28,032	0,139
	Kelompok B (Komposit <i>Konvensional</i>)	16	44,800	21,763	

Hasil uji perbandingan antara kelompok A dan B menunjukkan bahwa pada kelompok A diperoleh nilai rerata kekuatan tekan sebesar $58,302 \pm 28,032$, sedangkan pada kelompok B diperoleh nilai rerata kekuatan tekan sebesar $44,800 \pm 21,763$. Secara deskriptif, rerata kekuatan tekan kelompok A lebih tinggi dibandingkan kelompok B.

Namun, hasil uji statistik menunjukkan nilai $p\text{-value}$ sebesar 0,139 ($p\text{-value} > 0,05$), yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kedua kelompok. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada kekuatan tekan antara resin komposit *bulkfill* dan resin komposit konvensional, meskipun secara rata-rata komposit *bulkfill* menunjukkan nilai kekuatan tekan yang lebih tinggi.

PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kekuatan tekan antara resin komposit *bulkfill* dan resin komposit konvensional. Berdasarkan hasil penelitian secara deskriptif terdapat

perbedaan nilai kekuatan tekan antara kedua kelompok. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rerata kekuatan tekan pada komposit *bulk-fill* sebesar 58,302 N/m², yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit konvensional dengan teknik *incremental* sebesar 44,800 N/m².

Perbedaan nilai tersebut menunjukkan adanya variasi nilai kekuatan tekan antara kedua jenis komposit. Namun, berdasarkan hasil uji statistik menggunakan uji T tidak berpasangan (*Independent T-test*), diperoleh nilai *p-value* sebesar 0,139 ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada kekuatan tekan antara resin komposit *bulk-fill* dan resin komposit konvensional, meskipun secara rata-rata komposit *bulk-fill* menunjukkan nilai kekuatan tekan yang lebih tinggi.

Meskipun secara statistik tidak terdapat perbedaan signifikan, nilai rata-rata menunjukkan bahwa komposit *bulkfill* memiliki kekuatan tekan yang lebih baik di bandingkan dengan komposit *konvensional*. Perbedaan ini kemungkinan dipengaruhi oleh metode aplikasi material. Resin komposit *bulk-fill* diaplikasikan dalam satu kali penempatan sehingga berpotensi menghasilkan tekanan polimerisasi yang lebih rendah. Sebaliknya, resin komposit konvensional dengan teknik *incremental* diaplikasikan secara bertahap. Ketidak efektifan proses *light curing* pada setiap lapisan dapat menyebabkan polimerisasi yang tidak optimal pada beberapa area, sehingga dapat memengaruhi sifat mekanik, termasuk kekuatan tekan.

Komposit *bulkfill* memiliki sifat translusen yang memungkinkan penetrasi cahaya *curing* hingga kedalaman 4 mm, sehingga polimerisasi dapat terjadi lebih optimal dan merata dibandingkan resin komposit konvensional yang diaplikasikan dengan teknik *incremental*. Hal ini didukung oleh karakteristik resin komposit *bulkfill* yang memiliki tingkat penyusutan (*shrinkage*) yang lebih rendah serta viskositas yang lebih *flowable*, sehingga memungkinkan proses adaptasi yang lebih baik terhadap dinding kavitas. hal ini dapat meningkatkan kekuatan tekan. Meskipun demikian, keunggulan tersebut belum cukup belum menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik dibandingkan dengan resin komposit konvensional yang diaplikasikan dengan teknik *incremental* dalam penelitian ini.^{3,4,5}

Teknik *incremental* secara teori mampu mengurangi *polymerization shrinkage* karena material diaplikasikan berlapis dengan ketebalan maksimal 2 mm sebelum dilakukan polimerisasi. Teknik ini memungkinkan polimerisasi yang lebih sempurna di setiap lapisan dan mengurangi akumulasi stress internal. Namun, dalam penelitian ini, teknik *incremental* menghasilkan nilai kekuatan tekan lebih rendah dibandingkan *bulkfill*. Hal ini dapat terjadi karena adanya potensi *void* atau celah mikro antar lapisan akibat proses aplikasi berulang, sehingga menurunkan kekuatan struktur akhir material. Selain itu, kemungkinan kontaminasi antar lapisan juga dapat memengaruhi kekuatan ikatan dan menurunkan performa mekanik komposit.^{6,11,9}

Perbedaan nilai kekuatan tekan yang tidak signifikan dapat juga disebabkan oleh variasi proses *curing*. Intensitas cahaya, durasi penyinaran, posisi *curing light*, dan kondisi permukaan sampel merupakan faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan polimerisasi baik pada teknik penempatan secara langsung maupun *incremental*. Meskipun proses *light curing* telah distandarisasi selama

penelitian (20 detik, jarak 1 mm, posisi tegak lurus), kemungkinan adanya variabilitas kecil tetap dapat memengaruhi hasil polimerisasi dan berdampak pada kekuatan tekan akhir material.^{10,12}

Standar deviasi yang tinggi pada kedua kelompok (28,032 dan 21,763) menunjukkan bahwa variasi kekuatan antar sampel cukup besar. Variasi ini dapat menunjukkan bahwa kekuatan komposit tidak hanya bergantung pada teknik aplikasi, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor material seperti ukuran *filler*, distribusi *filler*, dan kemampuan matriks dalam membentuk struktur polimer yang stabil. Resin komposit dengan *filler* memiliki kekuatan mekanis yang jauh lebih baik daripada resin komposit tanpa *filler*. Semakin besar volume *filler* yang digunakan pada resin komposit maka semakin besar pula kekuatan mekanisnya. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa komposisi *filler* dan matriks berperan besar terhadap kekuatan tekan resin komposit, terlepas dari teknik aplikasi yang digunakan.^{13,14,15}

Penelitian yang dilakukan oleh Pradeep dkk menyatakan ada perbedaan kekuatan tekan antara resin komposit *konvensional* dan resin komposit *bulkfill*. Resin komposit *bulkfill* memiliki kekuatan tekan yang lebih besar dibandingkan dengan resin komposit *konvensional*. Banyak produsen mengatakan bahwa material resin komposit *bulkfill* memiliki modulator polimerisasi yang menyebabkan kedalaman penyinaran yang lebih dalam dan *shrinkage* stress oleh polimerisasi yang lebih kecil, memungkinkan fleksibilitas dan struktur jaringan yang optimal selama polimerisasi.¹⁶

Polimerisasi yang tidak adekuat pada kedalaman tertentu akan menyebabkan penurunan sifat fisik dan biologi material seperti kekuatan, kebocoran tepi, dan monomer residu. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kandungan *filler*, tingkat translusensi, lama penyinaran, intensitas sinar, dan jarak *tip curing* unit dengan material komposit *Bulkfill* dianggap mampu mencapai kedalaman polimerisasi hingga 4 mm. Hasil penelitian menyebutkan bahwa *bulkfill* viskositas tinggi menghasilkan *depth of cure* yang lebih tinggi dibanding resin komposit konvensional dengan *shrinkage* yang sama. Penelitian lain melaporkan bahwa tidak ada perbedaan *shrinkage* yang signifikan antara resin komposit konvensional dengan *bulkfill*. Secara tidak langsung lama penyinaran mungkin akan mempengaruhi kekuatan tepi dari bahan restorasi. Derajat konversi yang baik merupakan hasil dari lama penyinaran yang adekuat sehingga ketahanan restorasi menjadi maksimal.¹⁰

KESIMPULAN DAN SARAN

Kekuatan tekan komposit *bulkfill* yang diaplikasikan secara langsung menunjukkan nilai rerata sebesar 58,302 N/m², sedangkan resin komposit konvensional dengan teknik pengaplikasian secara *incremental* menunjukkan nilai rerata sebesar 44,800 N/m². Secara deskriptif komposit *bulkfill* memiliki kekuatan tekan yang lebih baik dibandingkan dengan komposit konvensional. Namun, berdasarkan hasil uji *T-independent*, perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik ($p > 0,05$).

Penelitian selanjutnya disarankan untuk lebih memperhatikan pada saat proses pengaplikasiannya dan polimerisasinya, pastikan pada saat penempatan setiap lapisan komposit telah

dipadatkan dengan baik sebelum di polimerisasi karena memengaruhi kekuatan tekan komposit yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggraeni R, Souliassa AG, Adrian N, Stefanie R, Raiyon ML, Bougenville V, et al. Penyuluhan dan pelatihan pemeliharaan kesehatan gigi dan mulut masyarakat rw 005 kelurahan tanjung duren selatan. *Jurnal AKAL: Abdimas dan Kearifan Lokal*. 2025 Mar 23;6(1):11–8.
- [2] Despriani MDG, Astoeti TE, Panjaitan CC. Perilaku menjaga kesehatan gigi dan mulut pada mahasiswa kedokteran gigi peminum kopi dengan gula alami. *e-GIGI*. 2025;13(2):371–5.
- [3] Arifin NF, Irawati A E, Puspitasari Y, Ilmianti, Salam AKS. Pengaruh perendaman jus nanas (*ananas comosus* (L.) Merr) terhadap kekasaran permukaan resin komposit (nanohybrid). *IJOH: Indonesian Journal of Public Health*. 2024;2(4):528–33.
- [4] Syahputra IA, Arsanti M. Pengaruh pH asam terhadap sifat mekanik resin komposit. *Malahayati Nursing Journal*. 2025 Apr 1;7(4):1491–9.
- [5] Rusmiyany P, Wadagama DM, Gayatri IAS. The hardness of bulk fill nanofilter composite resin is higher compared to non bulkfill. *Makassar Dental Jurnal*. 2023;12(3):338–41
- [6] Yudistian I. Bulk fill composite resin restoration techniques replace incremental techniques. *Interdental Jurnal Kedokteran Gigi (IJKG)*. 2021 Jun 22;17(1):9–14.
- [7] Venkatesh A, Saatwika L, Karthick A, Subbiya A. A review on polymerization shrinkage of resin composites. running title : polymerization shrinkage-a review. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*. 2020;07(5):1245–50.
- [8] Rakhmadian RD, Ariani MK. Case report: class III direct composite restoration of an upper jaw central incisor. *Formosa Journal of Applied Sciences*. 2025 Apr 1;4(3):873–82.
- [9] Harahap KI. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap kedalaman pengerasan dan kekuatan resin komposit. *Intisari Sain Medis*. 2018;9(1):30–4.
- [10] Sofiani E, Rovi F. Pengaruh lama penyinaran dan ketebalan resin komposit bulk fill terhadap kebocoran mikro. *Insisiva Dental Journal : Majalah Kedokteran Gigi Insisiva*. 2020;9(2):71–81.
- [11] Christiawan KA, Ratnasari D. The effect of immersion in soda containing sucrose and aspartame on the compressive strength of bulk-fill composite resin. *Journal of Indonesian Dental Association*. 2022 May 17;5(1):39.
- [12] Fitria KT, Riyadi S. The effect of composite brushing with different types of toothpaste on stain due to immersion in coffee, tea, and cuko pempek water. *Jurnal Kesehatan Gigi*. 2022;9(1):9–15.
- [13] Nurdeviyanti NN, Kusumawati PAM, Laksmi NMYD. Perbedaan pengaruh perendaman resin komposit nanohybrid pada laruta teh rosella (*hibiscus sabdariffa* L.) dengan minuman berwarna berkarbonasi (soda) terhadap terjadinya diskolorasi. *Bali Dental Science and Exhibition (Bali Dence)*. Denpasar; 2024.
- [14] Nugroho DA, Aditia I. Perbedaan kekuatan geser antara semen resin nanosisal komposit 60%

- wt dan semen resin nanofiller komposit. *Insisiva Dental Journal : Majalah Kedokteran Gigi Insisiva*. 2020;9(1).
- [15] Permatasari R, Islamiah K. Comparison of surface roughness of nanohybrid composite resin immersed in various mouthwashes. *Interdental Jurnal Kedokteran Gigi (IJKG)*. 2024 Aug 1;20(2):267–73.
- [16] Sun G, Margareta DL. Pengaruh obat kumur mengandung alkohol 9% dan non-alkohol terhadap kekuatan tekan resin komposit bulk-fill. *Jurnal*



ARTIKEL RISET

URL artikel: <http://e-jurnal.fkg.umi.ac.id/index.php/Sinnunmaxillofacial>

Studi *In Silico* Interaksi Senyawa Aktif Daun Tabat Barito terhadap *iNOS* sebagai Target Molekuler Inflamasi Mukosa Mulut

^KSelviana Rizky Pramitha¹, Maharani Laillyza Apriasari²

¹Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Lambung Mangkurat

Email Penulis Korespondensi (^K): selviana.pramitha@ulm.ac.id

selviana.pramitha@ulm.ac.id¹, maharaniroxy@gmail.com²

(+6285753531678)

ABSTRAK

Pendahuluan: Enzim *inducible Nitric Oxide Synthase* (iNOS) memegang peran sentral pada proses inflamasi dimana overekspresinya berkorelasi dengan peningkatan kerusakan jaringan meliputi mukosa rongga mulut yang terpapar berulang dengan stimulus eksternal. Pengembangan senyawa non-toksik yang secara selektif mengatur iNOS tanpa memengaruhi isoenzim lain untuk perbaikan jaringan menjadi tantangan dalam dunia medis. Ekstrak daun Tabat Barito (*Ficus deltoidea* J.) dilaporkan non toksik dan beberapa fitokimianya memiliki efek antiinflamasi sehingga berpotensi untuk inhibitor iNOS. **Tujuan:** Menganalisis interaksi molekuler senyawa aktif daun Tabat Barito terhadap iNOS melalui pendekatan molecular docking sebagai target inflamasi mukosa mulut. **Bahan dan Metode:** Lima fitokimia diuji melalui *molecular docking* terhadap iNOS. Struktur kristal iNOS manusia (PDB ID: 1NSI) divalidasi menggunakan SAVESv6.1, ProSA, dan SWISS-MODEL. Profil farmakokinetik dianalisis dengan SwissADME. Persiapan protein dan ligan dilakukan dengan AutoDockTools (MGLTools 1.5.7), dan docking dianalisis menggunakan PyRx. Visualisasi interaksi menggunakan BIOVIA *Discovery Studio Visualizer Client 2025*. **Hasil:** Afinitas ikatan ligan bervariasi dimana luteolin dan (+)-*epicatechin* menunjukkan ikatan terkuat, melampaui inhibitor standar L-NAME dan L-NMMA. Ligan berafinitas tinggi membentuk interaksi penting dengan residu situs katalitik serta beberapa ikatan hidrogen yang menstabilkan orientasi ligan. Analisis ADME menunjukkan profil *drug-likeness* baik untuk luteolin, *epicatechin*, dan *vanillic acid*, sedangkan *quinic acid* dan inhibitor standar memiliki penyerapan rendah akibat polaritas tinggi. **Kesimpulan:** Kelima fitokimia ekstrak daun Tabat Barito menunjukkan interaksi dengan iNOS dimana *vanillic acid* sebagai senyawa dasar yang paling cocok untuk penggunaan oral dan topikal, sedangkan luteolin dan *epicatechin* menunjukkan potensi modulasi iNOS tertinggi tetapi memerlukan modifikasi desain molekuler.

Kata kunci: Daun tabat barito; fitokimia; *human inducible nitric oxide synthase*; *in silico*

PUBLISHED BY:

Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Pajonga Dg. Nagalle. 27 Pab'batong (Kampus I UMI)
Makassar, Sulawesi Selatan.

Email:

sinnunmaxillofacial.fkgumi@gmail.com,

Article history: (dilengkapi oleh admin)

Received 11 Des 2025

Received in revised form 27 Apr 2026

Accepted 27 Apr 2026

Available online 30 Apr 2026

licensed by [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



ABSTRACT

Introduction: Human inducible Nitric Oxide Synthase (iNOS) plays a central role in inflammation as its overexpression is correlated with extensive tissue disruption including oral mucosa which is prone to repetitive exposures of external stimulus. Developing non-toxic compounds that selectively modulate iNOS without affecting related isozymes for tissue repair remains a challenge while Tabat Barito (*Ficus deltoidea* J.) leaves extract is non-toxic and its phytochemicals have shown potential anti-inflammatory effects as iNOS inhibitor. **Objective:** To analyze the molecular interactions of active compounds from Tabat Barito leaves against iNOS through a molecular docking approach as a therapeutic target for oral mucosal inflammation. **Materials and Methods:** The phytochemicals were assessed for iNOS inhibitory activity using molecular docking. The crystal structure of human iNOS (PDB ID: 1NSI) was validated with SAVESv6.1, ProSA, and SWISS-MODEL, and pharmacokinetic profiles were analyzed using SwissADME. Protein and ligand preparation were performed using AutoDockTools (MGLTools 1.5.7), and docking was conducted with PyRx. Protein-ligand interactions were visualized using BIOVIA Discovery Studio Visualizer Client 2025. **Results:** Binding affinities were varied with luteolin and (+)-epicatechin showed the strongest binding, surpassing standard inhibitors L-NAME and L-NMMA. High-affinity ligands formed key interactions with catalytic-site residues and multiple hydrogen bonds stabilizing ligand orientation. ADME analysis indicated favorable drug-likeness for luteolin, epicatechin, and vanillic acid, while quinic acid and standard inhibitors exhibited poor absorption due to high polarity. **Conclusion:** Phytochemicals in Tabat Barito leaves extract showed potential iNOS inhibition with vanillic acid basically as the most suitable for oral and topical use, while luteolin and epicatechin showed the most potent effects yet require modification of molecular design.

Keywords: Human inducible nitric oxide synthase; *in silico*; phytochemicals; Tabat barito leaves;

PENDAHULUAN

Rongga mulut adalah bagian tubuh dimana 80% dilapisi jaringan lunak yang rentan cedera karena terpapar terus menerus dengan gaya mastikasi, pH, suhu, maupun berbagai mikrobiom oral.¹⁻³ Hal tersebut dapat menyebabkan inflamasi yang berulang maupun persisten pada rongga mulut dengan prevalensi penyakit mukosa oral berkisar dari 10,8% hingga 61,6% berdasarkan populasi dan kriteria penyakit.⁴ Meski inflamasi adalah proses biologis penting untuk menghilangkan penyebab cedera, membersihkan sel yang rusak, dan memulai proses perbaikan, tetapi inflamasi yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan jaringan kronis, inflamasi jangka panjang, dan berkembangnya penyakit kronis.⁵⁻⁷

Inducible Nitric Oxide Synthase (iNOS) merupakan salah satu isoform enzim yang biasanya diinduksi oleh sitokin pro-inflamasi atau lipopolisakarida bakteri (LPS). Induksi iNOS menghasilkan jumlah *nitric oxide* (NO) yang signifikan, yang berperan dalam pertahanan terhadap patogen dan sangat penting bagi respons inflamasi serta sistem imun bawaan. Kadar NO yang terlalu tinggi akibat overekspresi atau disregulasi iNOS dapat bersifat toksik dan terkait dengan berbagai penyakit. Pada rongga mulut, peningkatan ekspresi iNOS diamati pada infeksi akut (*oral candidiasis*), inflamatoris akut (penyakit gingiva dan periodontal), penyakit inflamatoris kronis (*oral lichen planus* dan *oral leukoplakia*), dan kondisi peradangan mukosa oral lainnya.⁸⁻¹¹ Peningkatan kadar iNOS tersebut berkorelasi dengan keparahan penyakit yang berkontribusi terhadap penurunan kualitas hidup pasien hingga transformasi malignansi menjadi karsinoma sel skuamosa oral yang menyebabkan kematian pada 50% kasus.^{9,10,12-14} Oleh karena itu, regulasi produksi NO penting untuk menjaga fungsi fisiologis yang tepat sekaligus mengendalikan efek merugikan terutama pada rongga mulut.^{5,15}

Pendekatan yang ada, seperti kortikosteroid, bekerja dengan menghambat aktivasi NF- κ B sehingga menekan ekspresi iNOS, tetapi berpotensi mengganggu proses penyembuhan dan meningkatkan risiko infeksi.¹⁶⁻¹⁸ Sementara itu, inhibitor NOS selektif maupun non-selektif masih menghadapi kendala dalam pengembangan klinis, termasuk toksisitas, rendahnya spesifisitas jaringan, serta kegagalan translasi dari model praklinis ke manusia.¹⁹⁻²¹ Keterbatasan ini menegaskan adanya kebutuhan akan agen inhibitor iNOS yang lebih aman, efektif, dan ekonomis. Dalam konteks tersebut, senyawa bioaktif berbasis alami menjadi kandidat potensial karena profil keamanan dan aktivitas biologisnya, namun eksplorasi spesifik terhadap target iNOS masih terbatas, sehingga penelitian ini berfokus pada identifikasi kandidat inhibitor iNOS melalui pendekatan komputasional.

Obat yang berasal dari senyawa alami tanaman dapat memberikan akses yang lebih cepat dan luas bagi pasien.²² Berbagai metabolit sekunder yang dilaporkan dalam studi literatur, seperti *quinic acid* (dan enantiomernya), *gallo catechin*, *epicatechin*, *luteolin*, dan *vanillic acid*, diketahui memiliki aktivitas antioksidan dan anti-inflamasi, meskipun sebagian besar pengujian masih berfokus pada target sitokin inflamasi.²³⁻²⁸ Ekstrak daun ini juga dilaporkan memiliki profil keamanan yang baik terhadap sel dan ginjal.^{29,30} Potensi molekuler dan selektivitasnya terhadap iNOS belum sepenuhnya dikarakterisasi, selain itu belum diketahui sifat farmakokinetiknya untuk diserap secara topikal maupun per oral. Pemodelan molekuler, khususnya simulasi *docking*, dapat memberikan wawasan prediktif dengan mengevaluasi afinitas dan profil interaksi ligan-protein sebagai tahap skrining awal untuk mendukung pengembangan obat alami rongga mulut yang efisien.¹⁵ Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara *in silico* interaksi senyawa hasil studi literatur dari *Ficus deltoidea* terhadap iNOS menggunakan molecular docking sebagai skrining awal, guna mengidentifikasi kandidat inhibitor iNOS potensial pada penyakit mukosa oral.

BAHAN DAN METODE

Perangkat Lunak dan Alat

Penelitian ini menggunakan PyMOL untuk mengonversi format molekul, AutoDockTools dari MGLTools 1.5.7 untuk persiapan protein dan ligan, serta PyRx untuk menjalankan simulasi auto docking. Visualisasi interaksi protein-ligan 2D dan 3D dilakukan menggunakan BIOVIA Discovery Studio Visualizer Client 2025. Perangkat keras yang digunakan adalah laptop Lenovo Yoga Slim 7 Aura Edition dengan spesifikasi Intel Core Ultra 7 258V RAM 32 GB.

Penilaian Kualitas Protein

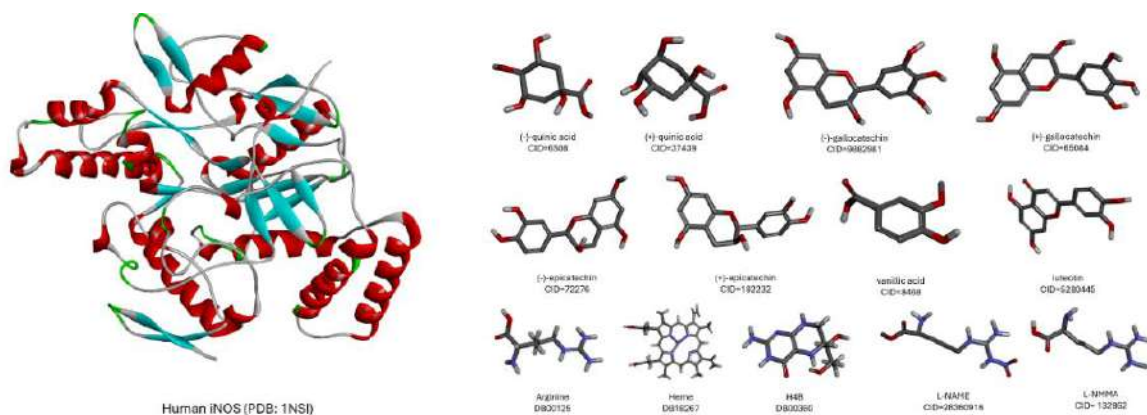
Kualitas stereokimia dan akurasi model prediksi dievaluasi menggunakan server SAVESv6.1, termasuk modul ERRAT, Verify3D, dan PROCHECK, ProSA untuk analisis struktur protein³¹, dan SWISS-MODEL *Structure Assessment*.^{31,32}

Akuisisi dan Persiapan Data Protein

Data human iNOS (PDB code: 1NSI) diperoleh dari situs *Protein Data Bank* (PDB) (<http://rcsb.org/pdb>) dan dipersiapkan untuk satu *chain* (*chain* A) dari satu dimer domain N-terminal oxygenase (Lampiran 1).⁵ Heteroatom dihapus menggunakan PyMOL, sedangkan molekul air serta atom hidrogen polar ditambahkan bersama muatan Kollman menggunakan *AutoDockTools* dari MGLTools 1.5.7, kemudian struktur yang dimodifikasi disimpan dalam format (.pdbqt).^{33,34}

Pengambilan dan Persiapan Data Ligan

Struktur 3D ligan (-)-*quinic acid* (CID=6508), (+)-*quinic acid* (CID=37439), (-)-*gallicocatechin* (CID=9882981), (+)-*gallicocatechin* (CID=65084), (-)-*epicatechin* (CID=72276), (+)-*epicatechin* (CID=182232), luteolin (CID=5280445), dan *vanillic acid* (CID=8468) diunduh dari *PubChem*. Ligan kontrol (*Arginine* [DB00125], *Heme* [DB18267], H4B [DB00360], *L-nitroarginine* / *L-NAME* [CID=28360916], dan *L-monomethylarginine* / *L-NMMA* [CID= 132862]) juga disiapkan (Lampiran 1). Konversi file ligan dari SDF ke PDB dilakukan menggunakan PyMOL, diikuti penghapusan molekul air, penambahan hidrogen polar, dan muatan Gasteiger dengan muatan netral. Minimisasi energi dilakukan menggunakan PyRx selama 250 langkah dengan gradien $0,1 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{\AA}^{-1}$, kemudian semua ligan dikonversi ke format (.pdbqt) untuk analisis *docking*.^{33,34}



Gambar 1. Makromolekul iNOS dan ligan fitokimia Tabat Barito

Identifikasi Situs Aktif

Situs aktif diidentifikasi menggunakan metode *pocket-based geometry-grid-based* sebelum docking dengan *AutoDockTools*.³⁵ Kotak *grid* dipusatkan pada pusat massa makromolekul untuk *blind docking*. Dimensi *grid* disesuaikan dengan ukuran ligan dan situs pengikatan protein yang mengandung residu kunci.^{34,35} Pusat *grid* iNOS manusia (PDB ID: 1NSI) berada di $x = 12.3739$, $y = 58.4544$, dan $z = 15.5472$, dengan spasi $1,000 \text{ \AA}$ dengan arah dimensi $x = 45.7308$, $y = 74.8433$, dan $z = 59.0716 \text{ \AA}$.

Penilaian ADMET dan Drug-likeness

Profil ADMET tiap senyawa dianalisis menggunakan *SwissADME*.³⁶

Docking Protein-Ligan

Ligan dan reseptor yang dioptimalkan energi didocking menggunakan AutoDock Vina dalam PyRx. Exhaustiveness sebesar 16 dan jumlah *run* sebanyak 9 menggunakan algoritma pencarian AutoDock Vina. Analisis data *docking* meliputi skor Vina mencerminkan afinitas pengikatan dan konstanta inhibisi (K_i) dengan pose yang valid ($RSMD < 2 \text{ \AA}$).³⁷ Skor Vina tinggi dan energi pengikatan rendah menunjukkan potensi senyawa sebagai inhibitor iNOS lebih besar dibandingkan inhibitor *L-arginine*.³⁸

HASIL

Model human iNOS (PDB ID: 1NSI) menunjukkan kualitas struktural yang baik. Faktor kualitas ERRAT sebesar 92,83%, konsisten dengan resolusi menengah namun struktur yang dapat diterima. Hasil Verify3D menunjukkan 88,69% residu dengan skor 3D-1D $\geq 0,1$, menegaskan profil lingkungan yang sesuai.³⁹ Analisis PROSA menghasilkan Z -score $-9,32$ ($Z\text{-score} \leq 10$), berada dalam kisaran protein yang ditentukan secara eksperimental dengan ukuran serupa, menunjukkan kualitas model protein yang baik.⁴⁰ Secara keseluruhan, metrik validasi ini menunjukkan bahwa model 3D yang diprediksi strukturalnya dapat diandalkan dan cocok untuk analisis lanjutan.³⁹

Skor QMEAN untuk keandalan model human iNOS adalah $-1,30$, yang tergolong tinggi karena berada di atas $-4,0$. (Alhumaid and Tawfik, 2024) Atom C β sebesar $0,07$ menunjukkan konsistensi struktur baik, semua interaksi atom sebesar $-0,07$ bahwa struktur sesuai protein resolusi tinggi, dan nilai solvasi $-0,01$ menunjukkan residu hidrofobik pada lipatan dalam. Sementara itu, nilai torsion $-1,27$ menunjukkan adanya beberapa tegangan torsi atau outlier, yang memerlukan pengecekan lebih lanjut pada Ramachandran.⁴¹⁻⁴³

Skor MolProbity menunjukkan resolusi $2,30 \text{ \AA}$, yang dapat diterima untuk struktur kristalografi, dengan clashscore $7,83$, mencerminkan tumpang tindih atom yang minimal. Residu Ramachandran pada wilayah favorit sebesar $91,99\%$, dengan $0,90\%$ outlier, keduanya masih dalam batas yang dapat diterima. Outlier rotamer ($3,20\%$) menunjukkan beberapa konformasi rantai samping yang tidak biasa, sementara deviasi C-beta minimal (satu kasus pada ASN312). Kesalahan geometri rendah, dengan $0,056\%$ ikatan buruk dan $0,026\%$ sudut buruk. Ditemukan empat *cis-proline* ($4,17\%$), yang masih dalam rentang normal tetapi mungkin memerlukan justifikasi biologis. Secara keseluruhan, struktur ini cocok untuk analisis dan publikasi, meskipun beberapa geometri lokal minor dapat diperbaiki lebih lanjut, mendukung perlunya persiapan protein dan ligan sebelum *docking*.^{42,44}

Evaluasi SwissADME (Tabel 3) menunjukkan bahwa semua senyawa yang diuji memenuhi persyaratan fisikokimia umum untuk *drug-likeness*, dengan berat molekul di bawah 500 g/mol dan nilai TPSA yang kompatibel dengan bioavailabilitas oral, meskipun L-NAME dan L-NMMA menunjukkan polaritas yang lebih tinggi.

Tabel 1. Sifat fitokimia potensial yang diteliti berdasarkan SwissADME

Komponen	Nilai Batas	(-)quinic acid	(+)quinic acid	(-)galloocatechin	(+)galloocatechin	(-)epicatechin	(+)epicatechin	Vanillic acid	Luteolin	L-NAME	L-NMMA
Sifat Fitokimia											
Molecular weight	≤ 500 g mol ⁻¹	192.17	192.17	306.27	306.27	290.27	290.27	168.15	285.24	219.20	188.23
Rotatable bonds	1	1	1	1	1	1	1	2	1	7	6
H-bond donor	≤ 5	5	5	6	6	5	5	2	4	3	4
H-bond acceptor	≤ 10	6	6	7	7	6	6	4	6	5	4
Molar refractivity	≤ 10	40.11	40.11	76.96	76.96	74.33	74.33	41.92	76.01	52.05	49.44
Topological Polar Surface Area (TPSA)	Oral ≤ 140 Å ² Oral ≤ 90 Å ²	118.22	118.22	130.61	130.61	110.38	110.38	66.76	111.13	164.00	113.73
Lipophilicity											
Consensus LogP	Oral 1-3 Topikal <1	-1.66	-1.63	0.47	0.52	0.85	0.83	1.08	1.73	-2.79	-1.67
Water Solubility											
Solubility (ESOL)	> 0.1 mg mL ⁻¹ "larut" 0.01-0.1 mg mL ⁻¹ "tidak sedarut" < 0.01 mg mL ⁻¹ "tidak larut"	0.53	0.53	-2.08	-2.08	-2.22	-2.22	-2.02	-3.71	1.55	1.98
Pharmacokinetics (ADME)											
GI absorption		Rendah	Rendah	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Rendah	Tinggi
BBB permeant		Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
P-gp substrate		Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
CYP interactions		Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	CYP1A2 CYP2D6 CYP3A4	Tidak	Tidak
Log Kp		-9.15	-9.15	-8.17	-8.17	-7.82	-7.82	-8.31	-6.25	-10.21	-10.37
Creatininess											
Lipinski Rule-of-Five	0-5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Ghose		1	1	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	1	1
Muegge		2	2	1	1	Ya	Ya	Ya	Ya	2	2
Egan		Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	1	Ya
Bioavailability score		0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55	0.85	0.55	0.55	0.55
Medicinal Chemistry											
PAINS (Pan-Assay Interference compounds)		0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
Break structural alerts		0	0	1	1	1	1	0	1	5	2
Synthetic Accessibility (SA score)	≤ 6	3.34	3.34	3.53	3.53	3.50	3.50	1.42	3.02	3.20	2.58

Docking Molekuler dilakukan pada human iNOS (PDB ID: 1NSI) menggunakan berbagai ligan fenolik dan ligan referensi. Molecular docking menggunakan run sebanyak 10 dengan mode 0-9 (Lampiran 2). Nilai ΔG senyawa yang digunakan pada pose valid (RMSD < 2 Å) adalah mode 0 dengan nilai RMSD lower dan upper bound sebesar 0 (Tabel 1), menandakan bahwa pose docking yang dipilih mewakili konformasi terbaik yang terurut tanpa deviasi signifikan.

Tabel 2. Hasil analisis Autodock Vina dari iNOS dan fitokimia potensial

Protein	Ligan	Mode	RMSD	ΔG (kcal/mol)	Hydrogen	van Der Waals	Aibul	n-stick	n-n stacked	Ratna bisnosa
Human iNOS (PDB ID: 1NSI)	(-)-quinic acid	0	0.000	0.000	-5.3	6	4	3		1 Unfavorable donor-donor (Asp45)
		1	2.045	3.492	-6.2	Asn482, Arg109, Asn482, Thr109, Leu116	Gly117, Ile119, Pro105, Ser134	Leu108, Leu125, Pro122		
		2	24.139	24.879	-5.9					
		3	1.559	4.348	-5.6					
		4	29.084	30.472	-5.6					
		5	1.907	3.895	-5.4					
		6	24.713	25.844	-5.3					
		7	1.402	4.527	-5.3					
		8	27.757	29.133	-5.3					
		9	0.000	0.000	-5.4	5	9			
(+)-quinic acid	(+)-quinic acid	0	0.000	0.000	-5.4	5	9			
		1	1.706	3.176	-5.3	Asn482, Thr109, Gly117, Ser134, Thr109	Arg109, Asp482, Ile119, Leu108, Leu116, Leu125, Pro122, Ser118, Val484			
		2	9.994	11.146	-5.3					
		3	2.926	5.183	-5.2					
		4	18.401	19.954	-5.2					
		5	1.254	4.234	-5.2					
		6	2.806	4.331	-5.2					
		7	2.701	3.758	-5.2					
		8	2.464	3.888	-5.1					
		9	0.000	0.000	-8.8	2	13		2	
(-)-galloocatechin	(-)-galloocatechin	0	0.000	0.000	-8.8	2	13		2	
		1	1.233	6.117	-8.6	Leu237	Arg215, Arg250, Cln249, Gln358, Gln363, Gly266, Leu181, Leu186, Leu256, Leu262, Phe247, Pro365, Val359	Leu337, Val246		
		2	1.665	6.908	-8.3					
		3	1.286	11.869	-7.8					
		4	1.403	3.601	-7.2					
		5	3.721	5.286	-7.2					
		6	3.843	6.194	-7.1					
		7	7.682	10.855	-7.0					
		8	9.169	11.769	-6.9					
		9	0.000	0.000	-9.0	3	11		4	2
(+)-galloocatechin	(+)-galloocatechin	0	0.000	0.000	-9.0	3	11		4	2
		1	1.366	6.283	-9.0	Glu371, Gly202	Asn370, Gln379, Gly371, Leu209, Met374, Ser242, Tyr372, Tyr372, Tyr372, Tyr372, Tyr372	Ala197, Phe169, Trp372	Ala197, Phe169, Trp372	Phe169, Trp194
		2	1.310	7.247	-8.8					
		3	1.708	2.454	-8.5					
		4	1.904	6.967	-8.0					
		5	2.058	2.333	-7.9					
		6	8.710	11.462	-7.8					
		7	1.811	3.341	-7.8					
		8	3.424	3.479	-7.4					
		9	0.000	0.000	-8.4	3	10		2	2
(-)-epicatechin	(-)-epicatechin	0	0.000	0.000	-8.4	3	10		2	
		1	1.821	6.932	-8.2					
		2	1.684	2.600	-7.9					
		3	1.961	7.252	-7.5					
		4	1.286	9.339	-7.3					
		5	1.923	8.272	-7.3					
		6	16.835	18.578	-7.2					
		7	8.121	11.160	-7.1					
		8	9.395	11.423	-7.0					
		9	0.000	0.000	-9.5	1	10		6	2
(+)-epicatechin	(+)-epicatechin	0	0.000	0.000	-9.5	1	10		6	2
		1	1.561	6.993	-8.9					
		2	1.556	2.468	-8.6					
		3	3.799	6.932	-8.4					
		4	1.860	3.175	-8.3					
		5	4.223	3.386	-8.2					
		6	3.268	7.422	-8.0					
		7	5.801	7.128	-7.9					
		8	4.651	5.997	-7.9					
		9	0.000	0.000	-9.2	2	6		5	4
Luteolin	Luteolin	0	0.000	0.000	-9.2	2	6		5	4
		1	1.749	6.990	-9.6	Tyr489	Asn370, Gly371, Ile340, Met355, Ser242, Thr190		Ala197, Arg190, Leu209	Phe169, Trp194
		2	1.714	6.924	-9.3					
		3	1.584	7.437	-8.9					
		4	1.227	3.838	-8.4					
		5	1.938	7.113	-8.1					
		6	2.550	4.085	-7.9					
		7	3.826	5.116	-7.8					
		8	3.222	7.535	-7.7					

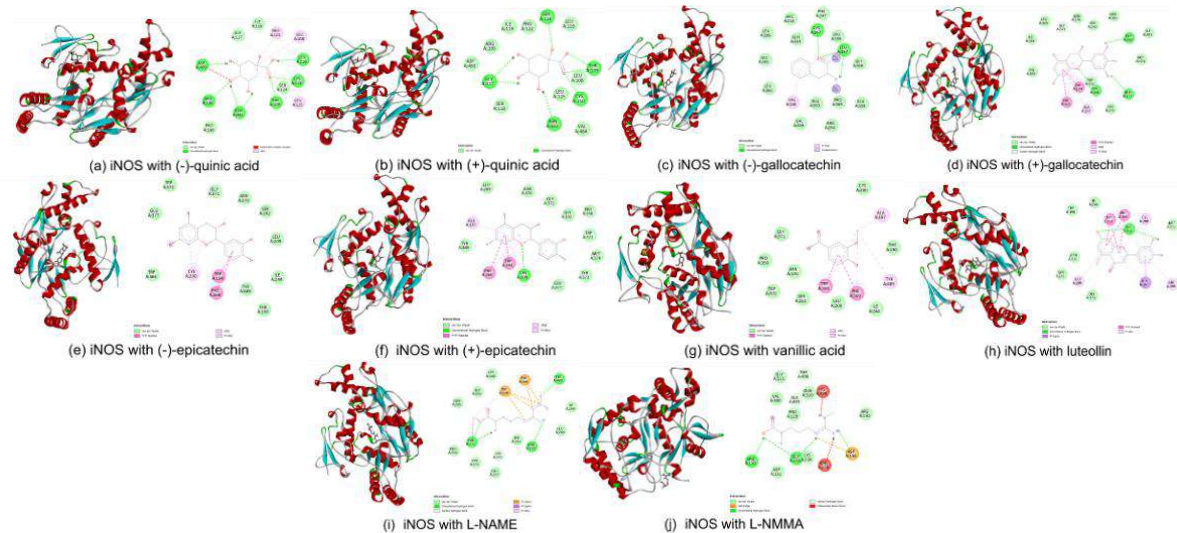
Vanillic acid	0	0.900	0.000	-6.7		0	Ala370, Leu269, Pro339, Ser342, Thr190, Trp194	4	Ala197, Phe369, Trp194, Tyr489	4	Ala197, Phe369, Trp194, Tyr489	2	Phe369, Trp194	
L-NAME	0	0.900	0.000	-6.1		4	Asa370, Trp194, Tyr489			1	Trp194			<ul style="list-style-type: none"> 1 π-sigma (Trp194) 2 π-carbon (Phe369) Trp194 1 Carbon hydrogen (Gly371)
L-NMMA	0	0.900	0.000	-5.7		3	Arg120, Arg253, Gly233	7	Arg250, Arg111, Glu310, Gly213, Lys244, Pro120, Val300					<ul style="list-style-type: none"> 2 Carbon hydrogen (Ala493, Thr489) 2 Unfavourable donor-donor (Arg238, Arg259) 1 Salt bridge (Asp259)
Arginine	0	0.900	0.000	-5.4		3	Glu310, Gly233, Lys254	8	Ala493, Arg238, Gly313, His255, His499, Pro129, Thr489, Trp260					<ul style="list-style-type: none"> 1 Attractive charge (Asp259) 1 Unfavourable donor-donor (Asp259)
Heme	0	0.900	0.000	-11.5		2	Cys200, Tyr491	12	Arg199, Ala370, Glu205, Glu377, Gly202, Gly371, Ile204, Ile244, Met374, Ser242, Trp463, Val332	14	Ala197, Cys200, Leu269, Met335, Phe369, Trp194, Trp372, Tyr489	2	Phe369, Trp194	<ul style="list-style-type: none"> 1 π-sigma (Trp194)
H4B	0	0.900	0.000	-6.5		2	Trp372	8	Gly202, Met374, Phe369, Pro339, Ser242, Tyr373	1	Ile201			<ul style="list-style-type: none"> 1 Unfavourable donor-donor (Glu277) 3 Carbon hydrogen Cys200, Gly371, Trp194 3 π-donor hydrogen Cys200, Gly371, Trp194

Keterangan:

Berdasarkan perbandingan molecular docking substrat iNOS meliputi ³arginine, ³heme, dan ²H4B

Berdasarkan referensi terkait residu kunci iNOS pada *arginine-binding site* (biru), *heme-binding site* (merah), dan *access channel* (hijau)

Analisis docking menunjukkan bahwa ligan semua terakomodasi dengan baik di dalam binding pocket protein melalui kombinasi ikatan polar (kovalen polar dan hidrogen) dan ikatan non-polar (kovalen non-polar, van der Waals, π - π stacking, π -alkil, dan interaksi hidrofobik) (Tabel 2).



Gambar 2. Diagram 2D dan 3D interaksi reseptor dan ligan

PEMBAHASAN

Profil SwissADME pada penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh senyawa memenuhi kriteria *drug-likeness* dasar, dengan berat molekul <500 g/mol, serta kelarutan gastrointestinal sangat baik hingga sedang.³⁶ TPSA sebagian besar mendukung bioavailabilitas oral, meskipun L-NAME dan L-NMMA memiliki polaritas tinggi yang menurunkan permeabilitas pasif dan absorpsi, sedangkan karakteristik hidrofilik mayoritas senyawa (LogP <1) meningkatkan kelarutan tetapi membatasi penetrasi membran.⁴⁵ *Vanillic acid* dan luteolin memiliki lipofilisitas optimal (LogP 1–3) yang mendukung keseimbangan kelarutan–permeabilitas dan potensi aplikasi topikal.⁴⁶ Dari aspek farmakokinetik, derivat *catechin* seperti *gallo catechin* dan *epicatechin* diprediksi memiliki penyerapan gastrointestinal tinggi namun rentan mengalami *efflux* karena menjadi substrat P-gp,⁴⁷ sedangkan *quinic acid*, L-NAME, dan L-NMMA menunjukkan penyerapan rendah akibat polaritas tinggi. Seluruh senyawa diperkirakan tidak menembus *blood–brain barrier*,⁴⁸ dan risiko interaksi metabolik relatif rendah kecuali pada luteolin yang diprediksi menghambat CYP1A2, CYP2D6, dan CYP3A4.⁴⁹ Semua senyawa memenuhi parameter *drug-likeness*, memiliki bioavailabilitas 0,55–0,85, tanpa PAINS alert, meskipun luteolin dan L-NAME menunjukkan Brenk alert untuk memicu reaktivitas dan toksisitas.⁵⁰ Secara keseluruhan, *vanillic acid* muncul sebagai kandidat paling menjanjikan untuk penggunaan oral dan topikal karena lipofilisitas seimbang, TPSA sesuai, dan bioavailabilitas tertinggi; derivat *catechin* berpotensi sebagai kandidat sekunder dengan kebutuhan reformulasi untuk mengatasi *efflux* P-gp; luteolin memiliki prospek namun berpotensi memicu interaksi metabolik; sementara L-NAME, L-NMMA, dan *quinic acid* dinilai kurang ideal untuk administrasi oral karena polaritas tinggi dan permeabilitas rendah, serta diperkirakan memiliki permeasi topikal terbatas.⁴⁶

Hasil *molecular docking* menunjukkan ΔG potensi inhibisi iNOS dalam kategori lemah hingga kuat yang dipengaruhi karakteristik ikatan kimia struktur ligan (jenis, jumlah, dan lokasi).^{51–54} Nilai ΔG sendiri dihitung dari total energi ikatan selama suatu proses kimia berlangsung atau entalpi dikurangi derajat ketidakteraturan yang terjadi pada struktur kimia meliputi kontak struktur polar dengan residu *non-polar* atau entropi.^{51,55} Nilai negatif menunjukkan pembentukan ikatan kimia baru yang terjadi secara spontan dan lebih stabil sehingga dapat merujuk ke selektivitas ikatan terhadap suatu senyawa, sedangkan nilai positif merujuk pada energi pemutusan ikatan.^{55–58} Kontak struktur polar cenderung membentuk ikatan kimia baru dengan residu polar (seperti Arg, Asp, Cys, Glu, Gly, His, Lys, Ser, Thr) dan menghasilkan energi negatif. Kontrak struktur polar dengan residu *non-polar* (seperti Ala, Ile, Leu, Met, Phe, Pro, Try atau Val) sering kali memaksa komponen air disekitarnya untuk terlepas agar ligan dapat berikatan pada sisi aktif sehingga menghasilkan energi positif dan meningkatkan ΔG .⁵¹ Pada penelitian ini, kami juga melibatkan analisis untuk enantiomer fitokimia karena memiliki struktur serupa dan sering diidentifikasi sebagai kandungan bahan alam tetapi berbeda posisi gugus sehingga dapat mempengaruhi efeknya.²⁴

Potensi inhibisi iNOS lemah diamati pada (+)-*quinic acid*, (-)-*quinic acid* dan *vanillic acid*. Kelompok sitoklol, walaupun memiliki beberapa ikatan hidrogen karena gugus hidroksilnya lebih banyak (empat), tetapi jumlah ikatan lain dan interaksi dengan *key residue* lebih sedikit. Sementara itu, senyawa (-)-*quinic acid* tetap menunjukkan potensi lebih tinggi dibandingkan enantiomernya (+)-*quinic acid* karena memiliki lebih banyak ikatan hidrogen meskipun jumlah interaksi dengan residu non-polarnya serupa.⁵⁵ *Vanillic acid*, senyawa dengan satu gugus hidroksil, menunjukkan ΔG lebih tinggi dibandingkan (-)-*quinic acid* dan (+)-*quinic acid* meskipun hanya membentuk ikatan *van der Waals* berenergi lebih rendah (~1 kcal/mol) dibandingkan ikatan hidrogen (~5 kcal/mol) dapat dilihat pada Tabel 2.⁵⁴ Kontak gugus hidroksil dengan residu polar pada senyawa ini cenderung lebih banyak, sehingga menghasilkan nilai ΔG yang lebih tinggi. Temuan ini konsisten dengan adanya interaksi struktur fitokimia dengan sejumlah *key residue* pada *arginine-*, *heme-*, dan *BH4-binding site* iNOS yang dilaporkan dalam studi lain sedangkan dua senyawa lainnya hanya berinteraksi dengan *arginine-*, *heme-binding site* dan *channel access*.^{59,60} Adapun L-NAME dan L-NMMA, meskipun membentuk interaksi hidrogen, memiliki kontak dengan residu non-polar yang lebih sedikit dan kontak terbatas pada *key residu arginine-binding site*, *channel access*, dan fosforilasi enzim, sehingga menghasilkan energi ikatan yang lebih lemah dibandingkan ligan polifenolik afinitas tinggi.^{19,51,61}

Potensi inhibisi sedang hingga kuat diamati pada kelompok flavonoid yaitu (-)-*epicatechin*, (-)-*gallicocatechin*, (+)-*gallicocatechin*, dan (+)-*epicatechin*, sedangkan potensi inhibisi kuat diamati pada luteolin.⁵² Senyawa (-)-*epicatechin* walaupun tidak memiliki ikatan hidrogen menunjukkan banyak ikatan berenergi rendah dengan sejumlah residu *non-polar* dan *key residue* pada ketiga *binding site*. Sebaliknya, (-)-*gallicocatechin* memiliki ikatan kovalen berenergi sangat tinggi namun hanya berinteraksi dengan *heme-binding site*.⁵⁵ (+)-*Epicatechin* memberi potensi inhibisi tertinggi dalam kelompok potensi sedang karena jumlah ikatannya dengan *key residue arginine-* dan *heme-binding site* lebih banyak dibanding (+)-*gallicocatechin*. Sementara itu, luteolin menunjukkan efek inhibisi tertinggi dengan membentuk dua ikatan hidrogen dengan residu *tyrosine* yang diperlukan untuk aktivitas katalitik ikatan iNOS serta stabilisasi dan lokasi enzim dalam sel.⁶²

Temuan ini konsisten dengan mekanisme katalitik iNOS, di mana efektivitas inhibisi ditentukan oleh kemampuan ligan menjangkau tiga situs fungsional utama—*arginine-*, *heme-*, dan *BH4-binding site*—melalui *channel access* menuju sisi aktif, karena produksi NO bergantung pada penyelarasan domain FAD–FMN–heme, kofaktor *heme* yang diaktivasi L-arginine untuk oksidasi L-arginine menjadi NO, sisi zat besi untuk pada *heme* untuk perekrutan oksigen, dan stabilisasi muatan oleh BH4; dengan demikian, ligan yang hanya berinteraksi pada *arginine-*, *heme-binding site*, atau kanal akses saja menunjukkan potensi lebih rendah karena tidak mengganggu peran BH4 sebagai stabilisator radikal dan pendonor elektron untuk pembentukan dan pelepasan NO. Perspektif *tunnel access* turut menegaskan bahwa geometri dan sifat fisikokimia kanal berkontribusi terhadap spesifisitas dan efisiensi penghambatan. Selain itu, interaksi ligan dengan residu tirosin pada domain oksigenase memiliki signifikansi regulatif, mengingat tirosin merupakan target fosforilasi untuk interaksi dengan

protein pendukung (seperti calmodulin serta kofaktor FAD, FMN, dan BH4) yang berpotensi meniru atau mengganggu awal siklus katalitik sebelum electron FMN mencapai situs *heme*. Secara keseluruhan, cakupan interaksi fitokimia terhadap residue kunci di ketiga situs katalitik disertai pengaruhnya terhadap kanal akses dan residue tirosin yang terlibat dalam fosforilasi menjelaskan perbedaan potensi inhibisi yang diamati.^{5,59,60,63}

Hasil penelitian ini menjelaskan potensi senyawa fenolik dalam ekstrak daun Tabat Barito—terutama luteolin, *epicatechin*, dan *galocatechin*—sebagai inhibitor iNOS yang mendukung pengembangan agen antiinflamasi alami untuk terapi mukosa oral.²³ Interaksi senyawa tersebut dengan iNOS dapat menurunkan hiperaktivasi NF- κ B dan makrofag serta pelepasan berlebih sitokin proinflamasi dengan mengurangi produksi *damage associated molecular patterns* (DAMPs) dari kerusakan jaringan oleh NO.^{64,65} Profil SwissADME menunjukkan karakteristik *vanillic acid* sebagai kandidat fitokimia terbaik karena memfasilitasi transportasi ke lapisan epitelium rongga mulut dimana berat molekulnya tidak melebihi 800 Da dengan lipofolisitas untuk sediaan mukosa bukal adalah *vanillic acid* dan luteolin (logP 1.6 hingga 3.3).⁶⁶ Afinitas superior luteolin dan *epicatechin* dibanding inhibitor klasik membuka peluang desain modulasi iNOS yang poten untuk penyakit mukosa rongga mulut tetapi perlu modifikasi desain molekul yang tidak memicu reaksi atau toksisitas serta mendukung penetrasi ke jaringan epitel rongga mulut.^{67,68} Keterbatasan studi termasuk sifat statis *docking* yang dapat mempengaruhi hasil analisis jika terdapat *backbone* reseptor fleksibel dan prediksi afinitas yang memerlukan simulasi *molecular dynamic* dan validasi eksperimen secara *in vivo*.^{69,70} Studi komputasi dan eksperimen lanjutan diperlukan untuk mengonfirmasi potensi terapeutik senyawa-senyawa fenolik dalam penelitian ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kelima fitokimia ekstrak daun Tabat Barito menunjukkan interaksi dengan iNOS dimana *vanillic acid* sebagai senyawa dasar yang paling cocok untuk penggunaan oral dan topikal, sedangkan luteolin dan *epicatechin* menunjukkan potensi modulasi iNOS tertinggi tetapi memerlukan modifikasi desain molekul. Temuan ini menekankan senyawa fenolik terpilih sebagai kandidat untuk terapi anti-inflamasi penyakit mukosa oral yang menargetkan iNOS untuk validasi lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kumar G. *Orban oral histology & embryology*. 13th ed. India: Elsevier; 2011.
- [2] Gomez-Casado C, Sanchez-Solares J, Izquierdo E, Díaz-Perales A, Barber D, Escribese MM. Oral mucosa as a potential site for diagnosis and treatment of allergic and autoimmune diseases. *Foods*. 2021 Apr 28;10(5):970. doi:10.3390/foods10050970

-
- [3] Rajasekaran JJ, Krishnamurthy HK, Bosco J, Jayaraman V, Krishna K, Wang T, et al. Oral microbiome: a review of its impact on oral and systemic health. *Microorganisms*. 2024 Aug 29;12(9):1797. doi:10.3390/microorganisms12091797
- [4] Gupta A, Shrestha P, Poudyal S, Kumar S, Lamichhane RS, Acharya SK, et al. Prevalence and distribution of oral mucosal lesions and normal variants among Nepalese population. Ferri A, editor. *BioMed Research International*. 2023 Jan;2023(1):9375084. doi:10.1155/2023/9375084
- [5] Cinelli MA, Do HT, Miley GP, Silverman RB. Inducible nitric oxide synthase: regulation, structure, and inhibition. *Medicinal Research Reviews*. 2020 Jan;40(1):158–89. doi:10.1002/med.21599
- [6] Soliman AM, Barreda DR. Acute inflammation in tissue healing. *IJMS*. 2022 Dec 30;24(1):641. doi:10.3390/ijms24010641
- [7] Chavda VP, Feehan J, Apostolopoulos V. Inflammation: the cause of all diseases. *Cells*. 2024 Nov 18;13(22):1906. doi:10.3390/cells13221906
- [8] Casaroto AR, Da Silva RA, Salmeron S, Rezende MLRD, Dionísio TJ, Santos CFD, et al. *Candida albicans*-cell interactions activate innate immune defense in human palate epithelial primary cells via Nitric Oxide (NO) and β -Defensin 2 (hBD-2). *Cells*. 2019 Jul 12;8(7):707. doi:10.3390/cells8070707
- [9] Singh D, Srivastava K, Potsangbam A, Shrivastava D, Nandini D, Singh W, et al. A case-control study comparing and correlating iNOS expression among various clinicopathological variants of oral leukoplakia and oral squamous cell carcinoma: A Immunohistochemistry study. *J Pharm Bioall Sci*. 2020;12(5):324. doi:10.4103/jpbs.JPBS_96_20
- [10] Humberto JSM, Saia RS, Costa LHA, Rocha MJA, Motta ACF. Salivary cytokine profile in patients with oral lichen planus. *Odvotos - Int J Dent Sc*. 2023 Oct 17;188–200. doi:10.15517/ijds.2023.57139
- [11] Lima L, Gaspar S, Rocha BS, Alves R, Almeida MG. Current clinical framework on nitric oxide role in periodontal disease and blood pressure. *Clin Oral Invest*. 2024 Sep 12;28(10):521. doi:10.1007/s00784-024-05913-x
- [12] International Agency for Research on Cancer. Global cancer observatory: cancer today. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2022. Report No.
- [13] Wyszynska M, Czelakowska A, Rosak P, Białyzyt-Bujak E, Gruca O, Rosak-Szyrocka J, et al. Changes in the oral cavity mucosal surface under the influence of wearing protective face masks—Nitric Oxide concentration analysis—preliminary report. *Coatings*. 2022 Aug 12;12(8):1164. doi:10.3390/coatings12081164
- [14] Butt DQ, Khattak O, Chaudhary FA, Bader AK, Mujtaba H, Iqbal A, et al. Oral health-related quality of life in patients with chronic oral mucosal diseases: reliability and validity of urdu version of chronic oral mucosal disease questionnaire (COMDQ). *Healthcare*. 2023 Feb 17;11(4):606. doi:10.3390/healthcare11040606
- [15] Thamaraiselvi L, Selvankumar T, Wesely EG, Nathan VK. In silico molecular docking on bioactive compounds from indian medicinal plants against type 2 diabetic target proteins: a computational approach. *ijps*. 2021;83(6). doi:10.36468/pharmaceutical-sciences.882

- [16] Guo Q, Jin Y, Chen X, Ye X, Shen X, Lin M, et al. NF- κ B in biology and targeted therapy: new insights and translational implications. *Sig Transduct Target Ther*. 2024 Mar 4;9(1):53. doi:10.1038/s41392-024-01757-9
- [17] Koshi EJ, Young K, Mostales JC, Vo KB, Burgess LP. Complications of corticosteroid therapy: a comprehensive literature review. *Journal of Pharmacy Technology*. 2022 Dec;38(6):360–7. doi:10.1177/87551225221116266
- [18] Weinberg E, Tagger-Green N, Lusthaus M, Vered M, Mijiritsky E, Chaushu L, et al. The impact of corticosteroid administration at different time points on mucosal wound healing in rats: an experimental pilot in vivo study. *Biology*. 2022 Sep 2;11(9):1309. doi:10.3390/biology11091309
- [19] Minhas R, Bansal Y, Bansal G. Inducible nitric oxide synthase inhibitors: a comprehensive update. *Medicinal Research Reviews*. 2020 May;40(3):823–55. doi:10.1002/med.21636
- [20] Sun Q. The hydrophobic effects: our current understanding. *Molecules*. 2022 Oct 18;27(20):7009. doi:10.3390/molecules27207009
- [21] Maccallini C, Budriesi R, De Filippis B, Amoroso R. Advancements in the research of new modulators of Nitric Oxide Synthases activity. *IJMS*. 2024 Aug 3;25(15):8486. doi:10.3390/ijms25158486
- [22] Chaachouay N, Zidane L. Plant-derived natural products: a source for drug discovery and development. *DDC*. 2024 Feb 19;3(1):184–207. doi:10.3390/ddc3010011
- [23] Nurmaida, Darusman LK, Mohammad R, Heryanto R. Metabolite Profiling of Tabat Barito (*Ficus deltoidea*) Using UPLC-QTOF-MS/MS. *J Pure App Chem Res*. 2018 May 1;7(2):100–8. doi:10.21776/ub.jpacr.2018.007.02.374
- [24] Yu JH, Yu ZP, Capon RJ, Zhang H. Natural enantiomers: occurrence, biogenesis and biological properties. *Molecules*. 2022 Feb 14;27(4):1279. doi:10.3390/molecules27041279
- [25] Heena, Kaushal S, Kaur V, Panwar H, Sharma P, Jangra R. Isolation of quinic acid from dropped *Citrus reticulata* Blanco fruits: its derivatization, antibacterial potential, docking studies, and ADMET profiling. *Front Chem*. 2024 Apr 18;12:1372560. doi:10.3389/fchem.2024.1372560
- [26] Iqra, Sharif A, Akhtar B, Shao C, Wang S, Younas A. Quinic acid alleviates inflammatory responses and oxidative stress in Freund's complete adjuvant-induced arthritic rat model and associated risk factors of atherosclerosis. *Inflammopharmacol*. 2025 Nov;33(11):6669–90. doi:10.1007/s10787-025-01930-8
- [27] Swislocka R, Kowalczyk N, Dabrowska A, Choinska R, Lewandowski W, Swiderski G. Spectroscopic, antioxidant and cytotoxicity studies of vanillic acids. *Sci Rep*. 2025 Aug 26;15(1):31396. doi:10.1038/s41598-025-13965-6
- [28] Trembl J, Nykodýmová D, Kubatka P. Structure activity relationship of flavonoids as PPAR γ agonists. *Phytochem Rev*. 2025 Oct;24(5):3797–827. doi:10.1007/s11101-025-10121-w
- [29] Apriasari ML, Nadia H, Hanifa N, Utami JP, Firdaus IWK. In vitro and in vivo nephrotoxicity evaluation of the methanol extract of *Ficus deltoidea* Jack leaf. *TJNPR*. 2024 Jun 29;8(6). doi:10.26538/tjnpr/v8i6.28
- [30] Apriasari ML, Adhiya GM, Wasiaturrahmah Y, Utami JP. Antibacterial, antifungal And subchronic toxicity test of *Ficus deltoidea* Jack leaves extract. . Number. 2025;12(1).

- [31] Ashley CN, Broni E, Wood CM, Miller WA. In silico characterization of ADAR1: structure, dynamics, and functional implications. *CIMB*. 2025 Nov 18;47(11):958. doi:10.3390/cimb47110958
- [32] Waterhouse A, Bertoni M, Bienert S, Studer G, Tauriello G, Gumienny R, et al. SWISS-MODEL: homology modelling of protein structures and complexes. *Nucleic Acids Research*. 2018 Jul 2;46(W1):W296–303. doi:10.1093/nar/gky427
- [33] Dey D, Paul P, Azad S, Mazid M, Khan A, Sharif M, et al. Molecular optimization, docking, and dynamic simulation profiling of selective aromatic phytochemical ligands in blocking the SARS-CoV-2 S protein attachment to ACE2 receptor: an in silico approach of targeted drug designing. *J Adv Vet Anim Res*. 2021;8(1):1. doi:10.5455/javar.2021.h481
- [34] Amrulloh LSWF, Nuraini H, Andri P, Rina H. Analysis of molecular docking and dynamics simulation of Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) compounds against the PLpro enzyme SARS-COV-2. *JFIKI*. 2023 Dec 21;10(3):347–59. doi:10.20473/jfiki.v10i32023.347-359
- [35] Liao J, Wang Q, Wu F, Huang Z. In Silico methods for identification of potential active sites of therapeutic targets. *Molecules*. 2022 Oct 20;27(20):7103. doi:10.3390/molecules27207103
- [36] Daina A, Michielin O, Zoete V. SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. *Sci Rep*. 2017 Mar 3;7(1):42717. doi:10.1038/srep42717
- [37] Guterres H, Im W. Improving Protein-Ligand Docking Results with High-Throughput Molecular Dynamics Simulations. *J Chem Inf Model*. 2020 Apr 27;60(4):2189–98. doi:10.1021/acs.jcim.0c00057
- [38] Atsariyah HA, Utami D. Molecular docking of Xiamycin derivatives on RNA-dependent RNA polymerase as a SARS-COV-2 virus replication inhibitor. *Prosiding Seminar Nasional Farmasi Universitas Ahmad Dahlan*. 2023;1–12.
- [39] Tran NT, Jakovlić I, Wang WM. In silico characterisation, homology modelling and structure-based functional annotation of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) Hsp70 and Hsc70 proteins. *J Anim Sci Technol*. 2015 Dec;57(1):44. doi:10.1186/s40781-015-0077-x
- [40] Ravindran J, Rahmat Z. In silico structure prediction and molecular docking studies of the DGAT1_2 protein from *Elaeis guineensis* with Oleoyl-CoA. *MJCHEM*. 2023 Jun 29;25(3):150–63. doi:10.55373/mjchem.v25i3.150
- [41] Benkert P, Biasini M, Schwede T. Toward the estimation of the absolute quality of individual protein structure models. *Bioinformatics*. 2011 Feb 1;27(3):343–50. doi:10.1093/bioinformatics/btq662
- [42] Richardson JS, Williams CJ, Hintze BJ, Chen VB, Prisant MG, Videau LL, et al. Model validation: local diagnosis, correction and when to quit. *Acta Crystallogr D Struct Biol*. 2018 Feb 1;74(2):132–42. doi:10.1107/S2059798317009834
- [43] Samanta A, Mahafujul Alam SS, Ali S, Hoque M. Analyzing the interaction of human ACE2 and RBD of spike protein of SARS-CoV-2 in perspective of Omicron variant [Internet]. *Bioinformatics*; 2021 [cited 2026 Feb 25]. Available from: <http://biorxiv.org/lookup/doi/10.1101/2021.12.23.473991> doi:10.1101/2021.12.23.473991

- [44] Hintze BJ, Lewis SM, Richardson JS, Richardson DC. Molprobity's ultimate rotamer-library distributions for model validation: MolProbity's Ultimate Rotamer-Library. *Proteins*. 2016 Sep;84(9):1177–89. doi:10.1002/prot.25039
- [45] Di L. In: Drug-like properties concepts, structure design and methods from ADME to toxicity optimization. 2nd ed. Science Direct; 2016.
- [46] Waters LJ, Quah XL. Predicting skin permeability using HuskinDB. *Sci Data*. 2022 Sep 23;9(1):584. doi:10.1038/s41597-022-01698-4
- [47] Ejeje JN, Agbebi EA, Mathenjwa-Goqo MS, Oje OA, Agboinghale PE, Ebe IT, et al. Computational investigation of the therapeutic potential of *Detarium senegalense* in the management of erectile dysfunction. *IJMS*. 2024 Nov 18;25(22):12362. doi:10.3390/ijms252212362
- [48] Cornelissen FMG, Markert G, Deutsch G, Antonara M, Faaij N, Bartelink I, et al. Explaining blood–brain barrier permeability of small molecules by integrated analysis of different transport mechanisms. *J Med Chem*. 2023 Jun 8;66(11):7253–67. doi:10.1021/acs.jmedchem.2c01824
- [49] Hossam Abdelmonem B, Abdelaal NM, Anwer EKE, Rashwan AA, Hussein MA, Ahmed YF, et al. Decoding the role of CYP450 enzymes in metabolism and disease: a comprehensive review. *Biomedicines*. 2024 Jul 2;12(7):1467. doi:10.3390/biomedicines12071467
- [50] Capuzzi SJ, Muratov EN, Tropsha A. Phantom PAINS: Problems with the utility of alerts for Pan-Assay interference compounds. *J Chem Inf Model*. 2017 Mar 27;57(3):417–27. doi:10.1021/acs.jcim.6b00465
- [51] Peccati F, Jiménez-Osés G. Enthalpy–entropy compensation in biomolecular recognition: a computational perspective. *ACS Omega*. 2021 May 4;6(17):11122–30. doi:10.1021/acsomega.1c00485
- [52] Gurung AB, Ali MA, Lee J, Farah MA, Al-Anazi KM, Sami H. Molecular modelling studies unveil potential binding sites on human serum albumin for selected experimental and in silico COVID-19 drug candidate molecules. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022 Jan;29(1):53–64. doi:10.1016/j.sjbs.2021.09.042
- [53] Dong J, Li D, Kang L, Luo C, Wang J, School of Pharmaceutical Sciences, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China, et al. Insights into human eNOS, nNOS and iNOS structures and medicinal indications from statistical analyses of their interactions with bound compounds. *Biophysics Reports*. 2023;9(3):159–75. doi:10.52601/bpr.2023.210045
- [54] Ma Z, Ajibade A, Zou X. Docking strategies for predicting protein-ligand interactions and their application to structure-based drug design. *Communications in Information and Systems*. 2024;24(3):199–230. doi:10.4310/CIS.241021221101
- [55] Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ. *Harper's illustrated biochemistry*. 30th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2015.
- [56] Sun D, Gao W, Hu H, Zhou S. Why 90% of clinical drug development fails and how to improve it? *Acta Pharmaceutica Sinica B*. 2022 Jul;12(7):3049–62. doi:10.1016/j.apsb.2022.02.002
- [57] Usenik A, Alešković M, Roca S, Markuš I, Šekutor M, Požar J. Hosting of diamantane alcohols in water and hydrogen-bonded organic solvents: the (non-)classical hydrophobic effect. *New J Chem*. 2023;47(40):18745–55. doi:10.1039/D3NJ03097K

- [58] Spassov DS. Binding affinity determination in drug design: insights from lock and key, induced fit, conformational selection, and inhibitor trapping models. *IJMS*. 2024 Jun 28;25(13):7124. doi:10.3390/ijms25137124
- [59] Verde C, Giordano D, Bruno S. NO and heme proteins: cross-talk between heme and cysteine residues. *Antioxidants*. 2023 Jan 30;12(2):321. doi:10.3390/antiox12020321
- [60] Prayoga D, Pitaloka D, Aulifa D, Budiman A, Levita J, Jiranusornkul S, et al. Phytochemical Analysis, Computational Study, and in vitro Assay of *Etligeria elatior* inflorescence extract towards inducible nitric oxide synthase. *JEP*. 2025 Mar;Volume 17:123–41. doi:10.2147/JEP.S505658
- [61] Masike K, Mhlongo MI, Mudau SP, Nobela O, Ncube EN, Tugizimana F, et al. Highlighting mass spectrometric fragmentation differences and similarities between hydroxycinnamoyl-quinic acids and hydroxycinnamoyl-isocitric acids. *Chemistry Central Journal*. 2017 Dec;11(1):29. doi:10.1186/s13065-017-0262-8
- [62] Chen T. Unveiling the significance of inducible nitric oxide synthase: Its impact on cancer progression and clinical implications. *Cancer Letters*. 2024 Jun;592:216931. doi:10.1016/j.canlet.2024.216931
- [63] Kingsley LJ, Lill MA. Substrate tunnels in enzymes: structure–function relationships and computational methodology. *Proteins*. 2015 Apr;83(4):599–611. doi:10.1002/prot.24772
- [64] Yahfoufi N, Alsadi N, Jambi M, Matar C. The immunomodulatory and anti-inflammatory role of polyphenols. *Nutrients*. 2018 Nov 2;10(11):1618. doi:10.3390/nu10111618
- [65] Yang R, Gao Y, Li H, Huang W, Tu D, Yang M, et al. Posttranslational S-nitrosylation modification regulates HMGB1 secretion and promotes its proinflammatory and neurodegenerative effects. *Cell Reports*. 2022 Sep;40(11):111330. doi:10.1016/j.celrep.2022.111330
- [66] Sabra R, Kirby D, Chouk V, Malgorzata K, Mohammed AR. Buccal absorption of biopharmaceutics classification system III drugs: formulation approaches and mechanistic insights. *Pharmaceutics*. 2024 Dec 6;16(12):1563. doi:10.3390/pharmaceutics16121563
- [67] Alfalasi M, Alzaabi S, Östlundh L, Al-Rifai RH, Al-Salam S, Mertes PM, et al. Effect of Nitric Oxide pathway inhibition on the evolution of anaphylactic shock in animal models: a systematic review. *Biology*. 2022 Jun 16;11(6):919. doi:10.3390/biology11060919
- [68] Ryszkiewicz P, Schlicker E, Malinowska B. Is Inducible Nitric Oxide Synthase (iNOS) promising as a new target against pulmonary hypertension? *Antioxidants*. 2025 Mar 21;14(4):377. doi:10.3390/antiox14040377
- [69] Agu PC, Afiukwa CA, Orji OU, Ezech EM, Ofoke IH, Ogbu CO, et al. Molecular docking as a tool for the discovery of molecular targets of nutraceuticals in diseases management. *Sci Rep*. 2023 Aug 17;13(1):13398. doi:10.1038/s41598-023-40160-2
- [70] Salo-Ahen OMH, Alanko I, Bhadane R, Bonvin AMJJ, Honorato RV, Hossain S, et al. Molecular Dynamics Simulations in Drug Discovery and Pharmaceutical Development. *Processes*. 2020 Dec 30;9(1):71. doi:10.3390/pr9010071