



Pengaruh Minuman Kopi Hitam Robusta (*Coffea canephora*) Jollong Terhadap Pewarnaan Resin Komposit *Nanofiller*

Effect of Jollong Robusta Black Coffee (*Coffea canephora*) on the Staining of Nanofiller Composite Resin

Yeremia W. Parama,¹ Rudy Djuanda,² Vinna K. Sugiaman³

¹Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Kristen Maranatha, Bandung, Indonesia

²Departemen Konservasi Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Kristen Maranatha, Bandung, Indonesia

³Departemen Oral Biologi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Kristen Maranatha, Bandung, Indonesia

Email: vinnakurniawati@yahoo.co.id

Received: June 24, 2026; Accepted: August 28, 2026; Published online: September 6, 2026

Abstract: Dental caries remains a predominant issue in Indonesia. Nanofiller composite resin is widely used as an aesthetic restorative material, yet it is susceptible to discoloration when exposed to pigmented beverages such as black robusta coffee. This study aimed to determine the effect of immersing nanofiller composite resin in Jollong robusta black coffee solution (*Coffea canephora*) on color change. A post-test only control group design was applied using 30 Filtek Z350XT specimens divided into five concentration groups (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) over nine days. Color change was measured using a spectrophotometer and expressed as ΔE values based on the CIELAB system. The results demonstrated a progressive increase in ΔE values corresponding to higher concentrations and longer immersion periods, reaching a peak value of 1.643 at 100% concentration on day 9. One-way ANOVA and LSD post hoc tests confirmed significant differences among groups ($p < 0.05$). The tannin, polyphenol, and chlorogenic acid content of robusta coffee synergistically interacted with its acidic properties to degrade the resin matrix, thereby, intensifying pigment penetration. In conclusion, Jollong robusta black coffee significantly affects the color stability of nanofiller composite resin.

Keywords: nanofiller composite resin; robusta coffee; color change; ΔE ; discoloration

Abstrak: Karies masih merupakan masalah kesehatan gigi dan mulut di Indonesia. Resin komposit *nanofiller* banyak digunakan sebagai bahan restorasi estetik, namun rentan mengalami perubahan warna akibat paparan minuman berpigmen antara lain kopi hitam robusta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perendaman resin komposit *nanofiller* dalam larutan kopi hitam robusta Jollong (*Coffea canephora*) terhadap perubahan warna. Penelitian menggunakan *post-test only control group design* dengan 30 spesimen Filtek Z350XT yang dibagi menjadi lima kelompok konsentrasi (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) selama sembilan hari. Perubahan warna diukur menggunakan spektrofotometer dan dinyatakan dalam nilai ΔE berdasarkan sistem CIELAB. Hasil penelitian memperlihatkan peningkatan nilai ΔE yang progresif seiring bertambahnya konsentrasi dan durasi perendaman, dengan nilai tertinggi 1,643 pada konsentrasi 100% hari ke-9. Uji *one-way ANOVA* dan *post hoc LSD* mengonfirmasi perbedaan bermakna antar kelompok ($p < 0,05$). Kandungan tanin, polifenol, dan asam klorogenat dalam robusta bersinergi dengan sifat asam kopi dalam mendegradasi matriks resin sehingga memperparah penetrasi pigmen. Simpulan penelitian ini ialah kopi hitam robusta Jollong berpengaruh bermakna terhadap perubahan warna resin komposit *nanofiller*.

Kata kunci: resin komposit *nanofiller*; kopi robusta; perubahan warna; ΔE ; diskolorasi

PENDAHULUAN

Kesehatan gigi dan mulut merupakan komponen penting yang memengaruhi kondisi kesehatan seseorang secara keseluruhan. Karies, yakni kondisi rusaknya jaringan keras gigi akibat asam dari penguraian karbohidrat oleh bakteri, masih menjadi masalah dominan di Indonesia. Data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018 mencatat 57,6% penduduk Indonesia mengalami masalah gigi dan mulut, sementara Survei Kesehatan Indonesia (SKI) melaporkan angka 56,9%. Berbagai pilihan material restorasi tersedia, mulai dari komposit, amalgam, *inlay*, *onlay*, mahkota, *veneer*, hingga implan, dengan resin komposit *nanofiller* menjadi pilihan yang semakin diminati.¹ Perawatan gigi kini tidak hanya berfokus pada pemulihan fungsi, tetapi juga memperhatikan estetika.²

Teknologi nano dikembangkan untuk menutupi kelemahan komposit konvensional dengan meningkatkan kekuatan, kehalusan permukaan, dan ketahanan terhadap perubahan warna akibat konsumsi kopi.³ Bahan restorasi estetik idealnya menyerupai gigi asli dari segi warna, transparansi, dan tekstur. Kelemahan utama resin komposit ialah perubahan warna akibat paparan zat pewarna jangka panjang dari makanan, minuman seperti kopi dan teh, soda, rokok, maupun obat kumur.⁴ Di antara minuman berpigmen, kopi menjadi penyebab diskolorasi paling nyata karena kandungan melanoidin dan asam klorogenat yang tinggi yang mudah menyerap ke dalam matriks resin.⁵ Resin komposit *nanofiller* unggul dalam estetika dibanding *minifiller* yang lebih kuat, namun sifat penyerapan airnya berkontribusi pada perubahan warna yang memengaruhi estetika restorasi.⁶

Paparan kopi meningkatkan nilai ΔE secara bermakna setelah 14 hari disertai peningkatan kekasaran permukaan, sehingga sekitar 47,8% pasien merasa tidak puas dengan restorasi resin komposit anterior karena diskolorasi. *Stain* yang disebabkan oleh kafein dan tanin dalam kopi terbukti berpengaruh terhadap penampilannya pada gigi. Sekitar 60–70% masyarakat mengonsumsi kopi 2–3 cangkir per hari, dominan pada usia 25–35 tahun, dan perubahan warna terjadi melalui akumulasi pigmen serta penyerapan air ke celah antara *filler* dan matriks.

Indonesia membudidayakan dua jenis kopi, robusta dan arabika, di mana robusta memiliki kadar kafein dan tanin lebih tinggi sehingga lebih berpotensi menyebabkan perubahan warna pada bahan restorasi. Kafein dan tanin dalam robusta meningkatkan risiko penempelan pigmen dan absorpsi warna pada resin komposit.⁷

Kopi robusta Jollong (*Coffea canephora*) ditanam di lereng Gunung Muria, Kabupaten Pati, dengan kandungan asam klorogenat dan *melanoidin* tinggi yang mempercepat hidrolisis matriks resin, meningkatkan porositas, dan memperparah diskolorasi dibandingkan arabika Jawa Barat yang lebih stabil. Perbedaan ukuran partikel *filler* dan komposisi matriks resin antara *nanofiller* dan *nanohybrid* menjadi faktor kunci dalam memahami kerentanan terhadap pewarnaan.^{8,9} Kerapatan struktur *nanofiller* dapat mengurangi porositas permukaan, tetapi interaksi kimia dengan senyawa polar seperti kafein tetap berpotensi menyebabkan perubahan warna karena monomer UDMA membuat matriks lebih hidrofilik, sementara partikel *filler* yang lebih kecil menciptakan permukaan lebih halus sehingga lebih sulit bagi noda untuk menempel. Distribusi *filler* yang lebih homogen pada *nanofiller* menjadi keunggulan tersendiri dibanding resin konvensional, namun senyawa asam klorogenat dalam kopi robusta melepaskan ion H^+ yang memicu degradasi ikatan polimer sehingga partikel *filler* terlepas dan membentuk pori-pori yang memperburuk diskolorasi.

Penelitian Berger dan tim menunjukkan bahwa resin *nanofiller* memiliki solubilitas lebih rendah dibanding *minifiller* dan *microfiller*, dengan partikel nanosilika berukuran 20 nm yang tidak beraglomerasi serta kluster nano sferis berukuran 1–4 μm . Senyawa polifenol, tanin, dan asam fenolik dalam kopi hitam robusta meresap ke matriks resin dan berinteraksi dengan komponen resin menyebabkan perubahan warna, yang dipercepat oleh sifat asam kopi yang mendegradasi permukaan resin.^{10,11} Konsumsi kopi juga mengakibatkan perubahan warna melalui akumulasi pigmen pada permukaan dan absorpsi air ke celah *filler* dan matriks, di mana kandungan TEGDMA pada matriks meningkatkan kerentanan diskolorasi melalui absorpsi air yang lebih tinggi.^{12,13}

Penelitian ini menganalisis pengaruh kopi hitam robusta terhadap perubahan warna resin komposit dengan fokus pada peran ukuran partikel *filler*. Secara akademis, penelitian ini memberikan informasi mengenai pengaruh minuman kopi hitam robusta Jollong (*Coffea canephora*) terhadap pewarnaan resin komposit *nanofiller*, sekaligus menjadi evaluasi dan pedoman bagi penelitian lebih lanjut. Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan panduan bagi dokter gigi dalam memilih jenis resin komposit yang lebih tahan terhadap pewarnaan akibat konsumsi kopi hitam robusta, serta membantu pasien memahami dampak kebiasaan konsumsi kopi terhadap estetika restorasi gigi mereka.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan *the posttest only control group design* dengan jenis penelitian eksperimental laboratorik melalui pemeriksaan klinis dan laboratorium, mengacu pada standarisasi ISO 7491:2000 *Dentistry Determination of Colour Stability*. Subjek penelitian berupa spesimen resin komposit *nanofiller* berbentuk bulat dengan diameter 8 mm dan ketebalan 3 mm. Terdapat dua kelompok utama, yaitu kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Setiap kelompok dibagi menjadi lima subkelompok berdasarkan waktu perendaman, yaitu hari ke-1, ke-3, ke-5, ke-7, dan ke-9, masing-masing terdiri dari tiga sampel. Berdasarkan perhitungan rumus Federer, diperoleh nilai $r \geq 4,75$, sehingga total sampel penelitian ini berjumlah 30 buah.

Kopi robusta Jollong merupakan kopi yang berasal dari wilayah Jolong di lereng Gunung Muria, Kabupaten Pati, Jawa Tengah, yang dikenal karena teksturnya halus, aroma khasnya, dan ampas yang tidak mengapung saat diseduh. Larutan kopi hitam robusta diseduh pada suhu 37°C dengan mencampurkan bubuk kopi robusta ke dalam gelas kaca sesuai konsentrasi yang diinginkan. Distribusi perlakuan terdiri kelompok kontrol, dan kelompok perlakuan dengan konsentrasi kopi robusta 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan masa perendaman selama 1, 3, 5, 7, dan 9 hari.

Pada tahap lain juga dilakukan pembuatan specimen komposit dengan cara menyiapkan cetakan berukuran 3 mm × 8 mm dan bagian dalamnya diolesi vaselin, lalu diletakkan di atas kaca laboratorium. Cetakan kemudian diisi dengan resin komposit *nanofiller* dan permukaannya diratakan. Proses *curing* dilakukan menggunakan *light cure* selama 15 detik. Setelah selesai, specimen dikeluarkan dari cetakan dan dimasukkan ke dalam gelas kaca untuk proses perendaman. Tahap selanjutnya specimen resin komposit direndam menggunakan larutan kopi robusta sesuai konsentrasi yang telah ditentukan. Perendaman dilakukan selama 9 hari pada suhu 25°C hingga 37°C guna mensimulasikan paparan jangka panjang terhadap kopi.

Selanjutnya pengukuran perubahan warna specimen dilakukan dengan menggunakan alat spektrofotometer. Spektrofotometer dinyalakan dan dibiarkan memanaskan beberapa menit hingga stabil. Kuvet dibersihkan menggunakan akuades lalu dikeringkan dengan tisu bebas serat. Kalibrasi dilakukan dengan memasukkan kuvet berisi larutan blanko ke dalam ruang sampel, kemudian panjang gelombang diatur sesuai kebutuhan analisis dan nilai absorbansi disetel menjadi nol (100% transmitansi). Selanjutnya, kuvet blanko diganti dengan kuvet berisi sampel dan nilai absorbansi dicatat. Konsentrasi zat dalam sampel dihitung menggunakan hukum Lambert-Beer yang menyatakan bahwa absorbansi sebanding dengan konsentrasi, serta dibuat kurva kalibrasi menggunakan larutan standar bila diperlukan.

Pengujian perubahan warna dilakukan pada hari ke-1, ke-3, ke-5, ke-7, dan ke-9 menggunakan spektrofotometer optik yang terdiri dari *microvolt digital*, fotodetektor OPT (*Optical*) 101, dan sinar laser HeNe. Pengukuran menghasilkan nilai intensitas cahaya dalam satuan Volt. Bila intensitas cahaya yang dipantulkan tinggi, nilai *microvolt digital* akan meningkat, dan sebaliknya. Semakin rendah nilai intensitas cahaya (Volt), berarti warna sampel semakin gelap setelah perlakuan.

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan 30 specimen resin komposit nanofiller Filtek Z350 XT yang dibagi menjadi lima kelompok perlakuan berdasarkan konsentrasi larutan kopi. Pengukuran

warna dilakukan sebelum dan sesudah perendaman menggunakan spektrofotometer digital, dan total perubahan warna dihitung menggunakan rumus ΔE CIELAB sebagai berikut:

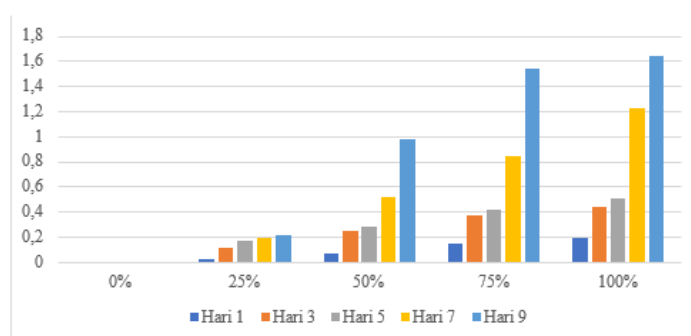
$$\Delta E = \sqrt{(L2 - L1)^2 + (a2 - a1)^2 + (b2 - b1)^2}.$$

Interpretasi nilai ΔE mengacu pada kategori berikut: $\Delta E \leq 1$ berarti perubahan tidak terdeteksi oleh mata manusia; $1 < \Delta E \leq 3,3$ berarti perubahan dapat diterima secara klinis; dan $\Delta E > 3,3$ berarti perubahan warna tidak dapat diterima secara klinis.

Tabel 1 memperlihatkan adanya korelasi positif yang bermakna antara nilai ΔE dengan peningkatan konsentrasi perlakuan serta durasi paparan. Kelompok kontrol (0%) memperlihatkan stabilitas warna yang superior, ditandai dengan nilai ΔE yang sangat minimal dan stabil sepanjang sembilan hari periode observasi, tidak pernah melebihi angka 0,002. Pola diskolorasi yang bersifat *concentration-dependent* dan *time-dependent* teridentifikasi secara sistematis pada seluruh kelompok eksperimental (25%, 50%, 75%, dan 100%), di mana nilai ΔE menunjukkan eskalasi progresif seiring bertambahnya waktu. Nilai perubahan warna paling substansial ditemukan pada kelompok konsentrasi 100% pada hari ke-9, yakni sebesar $1,643 \pm 0,038$. Untuk memvisualisasikan pola perubahan warna secara lebih jelas, data pada Tabel 1 disajikan pula dalam Gambar 1.

Tabel 1. Perubahan warna (ΔE) resin komposit nanofiller berdasarkan konsentrasi dan durasi perendaman

Hari	Kontrol	25%	50%	75%	100%
Hari 1	$0,001 \pm 0,001$	$0,050 \pm 0,042$	$0,063 \pm 0,005$	$0,141 \pm 0,034$	$0,188 \pm 0,012$
Hari 3	$0,001 \pm 0,000$	$0,111 \pm 0,012$	$0,248 \pm 0,026$	$0,371 \pm 0,014$	$0,439 \pm 0,041$
Hari 5	$0,002 \pm 0,001$	$0,163 \pm 0,011$	$0,281 \pm 0,018$	$0,415 \pm 0,015$	$0,503 \pm 0,008$
Hari 7	$0,001 \pm 0,001$	$0,185 \pm 0,005$	$0,510 \pm 0,008$	$0,837 \pm 0,053$	$1,227 \pm 0,060$
Hari 9	$0,001 \pm 0,001$	$0,211 \pm 0,009$	$0,978 \pm 0,022$	$1,538 \pm 0,018$	$1,643 \pm 0,038$



Gambar 1. Grafik perubahan warna (ΔE) resin komposit nanofiller terhadap durasi perendaman pada setiap kelompok konsentrasi

Keterangan: Sumbu X menunjukkan durasi perendaman dalam hari (Hari 1, 3, 5, 7, 9), sumbu Y menunjukkan nilai ΔE . Lima garis mewakili masing-masing kelompok: Kontrol, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Tren kenaikan progresif tampak jelas pada seluruh kelompok perlakuan, dengan akselerasi paling nyata pada kelompok 100% di hari ke-7 hingga ke-9.

Sebelum melakukan analisis inferensial, serangkaian uji prasyarat dilakukan untuk memastikan data memenuhi asumsi statistik parametrik. Hasil uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk menunjukkan nilai $p=0,412$ untuk kelompok kontrol dan $p=0,210$ untuk kelompok perlakuan kopi; keduanya jauh di atas nilai $\alpha=0,05$. Sementara itu, uji homogenitas menggunakan uji Levene menghasilkan $p=0,167$, yang juga melampaui batas signifikansi. Terpenuhinya kedua prasyarat ini memvalidasi penggunaan ANOVA dua arah untuk analisis selanjutnya. Uji *one-way* ANOVA dan *post hoc* LSD mengonfirmasi perbedaan bermakna antar kelompok ($p<0,05$). Kelompok kontrol yang direndam dalam akuades (0%) menunjukkan stabilitas warna yang sangat tinggi sepanjang periode penelitian, dengan nilai ΔE yang tidak pernah melampaui 0,002 selama sembilan hari observasi. Nilai ini berada jauh di bawah ambang batas persepsi visual manusia ($\Delta E=1,0$), yang mengonfirmasi bahwa tanpa paparan agen pewarna, material tidak mengalami perubahan warna yang dapat dideteksi baik secara instrumental maupun klinis pada resin komposit.

BAHASAN

Temuan utama penelitian ini secara konsisten dan tegas mendukung hipotesis yang diajukan, yaitu bahwa minuman kopi hitam robusta Jollong berpengaruh bermakna terhadap perubahan warna resin komposit nanofiller. Perbedaan nilai ΔE yang sangat besar dan bermakna secara statistik antara kelompok kontrol dan seluruh kelompok perlakuan menjadi bukti empiris yang kuat. Seluruh kelompok perlakuan yang direndam dalam larutan kopi robusta Jollong menunjukkan pola perubahan warna yang sistematis dan progresif. Teridentifikasi adanya korelasi positif yang sangat jelas antara nilai ΔE dengan peningkatan konsentrasi dan bertambahnya durasi perendaman. Pada titik pengukuran akhir hari ke-9, nilai ΔE meningkat secara gradual dari 0,211 pada konsentrasi 25%, menjadi 0,978 pada konsentrasi 50%, kemudian 1,538 pada konsentrasi 75%, dan mencapai puncaknya pada 1,643 untuk konsentrasi 100%. Pola eskalasi ini teramati secara konsisten pada setiap interval pengukuran, mencerminkan afinitas pigmen seperti melanoidin yang lebih kuat pada konsentrasi tinggi sehingga mempercepat penetrasi ke matriks resin.¹⁴

Analisis lanjut terhadap laju perubahan warna mengindikasikan adanya hubungan yang nonlinier. Laju peningkatan ΔE tampak mengalami akselerasi pada tahap akhir perendaman. Pada kelompok konsentrasi 100%, misalnya, peningkatan ΔE antara hari ke-5 (0,503) dan hari ke-7 (1,227) mencapai 0,724 unit, jauh lebih besar dibandingkan peningkatan antara hari ke-1 (0,188) dan hari ke-3 (0,439) yang hanya sebesar 0,251 unit. Fenomena akselerasi ini mengisyaratkan bahwa paparan awal terhadap kopi tidak hanya menyebabkan pewarnaan, tetapi juga memulai proses degradasi pada permukaan material. Degradasi resin komposit adalah penurunan kualitas dan kekuatan bahan restorasi secara bertahap yang disebabkan oleh faktor mekanis maupun kimiawi, seperti minuman, makanan, mikroorganisme, dan enzim saliva, sehingga material menjadi lebih permeabel dan rentan terhadap absorpsi pigmen pada paparan selanjutnya. Penelitian oleh Pardosi et al¹ dan Rohym et al⁴ melaporkan bahwa perendaman dalam larutan kopi secara bermakna menurunkan nilai kekerasan dan meningkatkan kekasaran permukaan resin komposit. Penurunan kekerasan dan peningkatan kekasaran merupakan bukti fisik dari serangan asam kopi yang selanjutnya menciptakan kondisi permukaan lebih kondusif untuk proses pewarnaan melalui penyerapan pigmen.¹⁵

Perubahan warna intensif yang teramati bukan sekadar fenomena pewarnaan permukaan yang sederhana, melainkan hasil dari serangan dua cabang yang terjadi secara simultan, yaitu degradasi kimiawi pada matriks resin dan absorpsi mendalam oleh agen-agen pewarna yang poten. Kopi robusta secara umum dikenal memiliki kandungan senyawa *chromogenic* yang lebih tinggi dibandingkan varietas lain seperti arabika.¹⁶ Senyawa-senyawa ini, terutama tanin, polifenol, dan asam klorogenat, merupakan agen pewarna yang sangat efektif.¹⁷ Tanin, misalnya, memiliki afinitas kimia untuk berikatan dengan berbagai permukaan termasuk matriks resin, dan bertanggung jawab atas noda berwarna kuning hingga coklat tua. Proses pewarnaan terjadi melalui dua mekanisme utama, yakni adsorpsi (penempelan pigmen pada permukaan luar restorasi) dan absorpsi (difusi molekul pigmen ke dalam struktur internal material. Hasil penelitian ini, yang menunjukkan perubahan warna progresif dan merata, mengindikasikan bahwa mekanisme absorpsi memainkan peran yang lebih dominan.¹⁸ Penetrasi tersebut mengakibatkan perubahan warna yang terjadi di bawah permukaan, sehingga menghasilkan diskolorasi yang lebih dalam dan merata pada seluruh badan restorasi.¹⁹

Matriks polimer resin komposit yang tersusun dari monomer dimetakrilat seperti *Bisphenol-A glycidyl methacrylate* (Bis-GMA) memiliki gugus hidroksil (-OH) yang bersifat polar, memberikan sifat hidrofilik pada matriks resin secara keseluruhan. Sifat ini merupakan kerentanan fundamental dalam lingkungan rongga mulut yang basah dan ketika terpapar minuman berbasis air. Kecenderungan matriks untuk menyerap molekul air menjadikannya jalur utama bagi penetrasi zat warna ekstrinsik. Air dalam kopi bertindak sebagai wahana transportasi yang efisien, membawa molekul kromogen terlarut untuk berdifusi dan terperangkap di antara rantai-rantai polimer.² Struktur molekul Bis-GMA yang memiliki gugus hidroksil (-OH) bersifat

polar inilah yang memberikan sifat hidrofilik pada matriks resin secara keseluruhan. Nugroho et al¹³ menunjukkan bahwa dari 24 sampel yang diteliti, resin komposit nanofiller memiliki rata-rata penyerapan air terendah dibandingkan jenis lainnya, namun tingkat absorpsi yang ada sudah cukup untuk memfasilitasi proses pewarnaan yang signifikan secara klinis. Penyerapan air yang lebih tinggi pada resin komposit tertentu dapat mempercepat diskolorasi akibat meningkatnya penetrasi pigmen eksternal seperti dari minuman berwarna ke dalam struktur material.

Selain kandungan kromogennya, kopi robusta murni juga bersifat asam dengan rentang pH yang dilaporkan berada di antara 5,25 hingga 5,40. Keasaman ini bukan hanya faktor pendukung, melainkan berperan sebagai katalisator aktif dalam proses degradasi material. Ion hidrogen (H^+) dari kopi dapat memicu reaksi hidrolisis, yakni pemutusan ikatan-ikatan kimia di dalam matriks polimer seperti ikatan ester pada monomer Bis-GMA. Lingkungan asam dapat melemahkan ikatan *coupling agent*, yaitu jembatan kimia yang mengikat partikel *filler* anorganik dengan matriks resin organik. Pelemahan ikatan ini menyebabkan terbentuknya celah mikro di antarmuka *filler*-matriks. Proses degradasi kimia ini secara kolektif menyebabkan pelunakan dan erosi pada permukaan restorasi, yang secara fisik membuatnya menjadi lebih kasar dan lebih porus.²⁰ Kunci untuk memahami intensitas pewarnaan yang diamati terletak pada sinergi antara kedua faktor tersebut. Keasaman kopi bertindak sebagai "pembuka gerbang" dengan mendegradasi dan mengkasarkan permukaan resin, sehingga secara efektif menciptakan lebih banyak area permukaan dan saluran-saluran mikro yang lebih dalam. Kondisi ini secara signifikan membuka jalan bagi molekul-molekul kromogen seperti tanin dan polifenol untuk berpenetrasi dengan lebih mudah dan lebih dalam ke dalam struktur material. Mekanisme sinergis inilah yang dapat menjelaskan fenomena akselerasi laju perubahan warna yang teramati. Seiring waktu, material yang semakin terdegradasi oleh asam menjadi semakin permeabel, sehingga proses absorpsi noda pada tahap selanjutnya berlangsung lebih cepat dan lebih efisien.²¹

Selain signifikansi statistik, evaluasi hasil penelitian dalam kedokteran gigi estetik harus mempertimbangkan signifikansi klinis. Ambang batas akseptabilitas klinis, yakni nilai ΔE di mana perubahan warna dianggap tidak dapat diterima secara estetik, umumnya ditetapkan pada $\Delta E > 3,3$. Data interpretasi penelitian ini menunjukkan bahwa rerata total perubahan warna pada kelompok perlakuan kopi ialah $\Delta E = 4,89$, sementara kelompok kontrol hanya $\Delta E = 0,69$. Nilai rerata pada kelompok kopi ini secara dramatis melampaui ambang batas akseptabilitas klinis sebesar 3,3. Hal ini mengindikasikan bahwa perubahan warna yang diinduksi oleh perendaman dalam kopi hitam robusta tidak hanya bermakna secara statistik, tetapi juga sangat bermakna dari perspektif klinis. Perubahan warna dengan magnitudo sebesar ini mudah terlihat oleh mata telanjang dan kemungkinan besar akan dianggap sebagai kegagalan estetik oleh pasien, sehingga berpotensi memerlukan intervensi klinis lebih lanjut seperti pemolesan ulang atau bahkan penggantian total restorasi. Meskipun nilai ΔE tertinggi yang terukur dalam periode sembilan hari ialah 1,643 (belum mencapai ambang 3,3), nilai rerata keseluruhan sebesar 4,89 dan tren akselerasi yang jelas menunjukkan bahwa ambang batas klinis tersebut akan dengan mudah terlampaui dengan paparan berkelanjutan. Penelitian ini secara efektif telah menangkap fase inisiasi dari sebuah proses kegagalan estetik yang relevan secara klinis.

Hasil penelitian ini sejalan dan memperkuat temuan dari berbagai studi terdahulu yang secara spesifik meneliti potensi pewarnaan dari kopi varietas robusta. Abqho²² secara langsung membandingkan efek kopi robusta Gayo dan arabika Gayo, dan menemukan bahwa kopi robusta menyebabkan perubahan warna yang secara statistik lebih besar.²² Demikian pula, Isra¹⁵ yang menggunakan kopi robusta juga melaporkan terjadinya perubahan warna yang bermakna pada resin komposit *nanohybrid*.¹⁵ Hasil penelitian ini menggarisbawahi bahwa kandungan senyawa kromogenik dan asam klorogenat yang lebih tinggi pada varietas robusta menjadikannya agen pewarna yang lebih poten dibandingkan varietas lain. Keunikan dan kontribusi penelitian ini terletak pada penggunaan varietas kopi lokal yang sangat spesifik, yakni robusta Jollong, serta penerapan analisis temporal multi-hari yang mendetail. Pendekatan ini memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai dinamika dan laju progresi pewarnaan dari waktu ke waktu, suatu aspek

yang belum banyak dieksplorasi sebelumnya. *Trajectory* perubahan warna yang curam dan terus meningkat mengonfirmasi bahwa konsumsi kopi robusta secara rutin merupakan faktor risiko yang bermakna terhadap keberhasilan estetika jangka panjang restorasi resin komposit nanofiller.²³ Temuan ini memiliki implikasi klinis bermakna dalam edukasi pasien terkait dampak konsumsi kopi terhadap longevitas estetik restorasi resin komposit. Guna meminimalkan diskolorisasi pada resin komposit nanofiller, langkah preventif yang dapat direkomendasikan meliputi pembilasan rongga mulut dengan air putih segera pascakonsumsi, penggunaan sedotan untuk mengurangi paparan pada gigi anterior, serta penundaan tindakan menyikat gigi minimal 30 menit guna mencegah abrasi mekanis pada matriks resin. Selain itu, pemolesan ulang berkala (*repolishing*) oleh klinisi diperlukan untuk mengeliminasi noda ekstrinsik sebelum memenetrasi struktur komposit.

SIMPULAN

Perendaman resin komposit *nanofiller* dalam larutan kopi hitam robusta Jollong (*Coffea canephora*) terbukti memberikan pengaruh nyata terhadap perubahan warna material restorasi. Nilai ΔE meningkat secara progresif seiring bertambahnya konsentrasi larutan dan durasi paparan, dengan nilai tertinggi mencapai 1,643 pada konsentrasi 100% di hari ke-9.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan dalam studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pardosi FM, Indraswari DA, Batubara L, Hardini N. Pengaruh perendaman kopi robusta dan arabika terhadap kekerasan resin komposit nanofiller. *e-GiGi*. 2021;9(2):118-23. Doi: <https://doi.org/10.35790/eg.v9i2.32832>
2. Huang W, Ren L, Cheng Y, Xu M, Luo W, Zhan D, et al. Evaluation of the color stability, water sorption, and solubility of current resin composites. *Materials*. 2022;15(19):6710. Doi: <https://doi.org/10.3390/ma15196710>
3. Anas R, Irawati E, Kirana Mattulada I, Fairuz A, Eva Z, Suardi S. Perubahan warna resin komposit nanofiller setelah perendaman obat kumur beralkohol dan non-alkohol. *DENThalib Journal*. 2024;2(2):28. Doi: <https://doi.org/10.20956/denthali.v2i2.33924>
4. Rohym S, Tawfeek HEM, Kamh R. Effect of coffee on color stability and surface roughness of newly introduced single shade resin composite materials. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):1-13. Doi: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-02942-y>
5. Hariyadi DM, Tedja CA, Zubaidah E, Yuwono SS, Fibrianto K. Optimization of brewing time and temperature for caffeine and tannin levels in Dampit coffee leaf tea of robusta (*Coffea canephora*) and Liberica (*Coffea Liberica*). *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2020;14:58–68. Doi: <https://doi.org/10.5219/1221>
6. Czarniecka-Skubina E, Korzeniowska-Ginter R, Pielak M, Salek P, Owczarek T, Kozak A. Consumer choices and habits related to tea consumption by Poles. *Foods*. 2022;11(18):2873. Doi: <https://doi.org/10.3390/foods11182873>
7. Liu J, Zhang H, Sun H, Liu Y, Liu W, Su B, Li S. The development of filler morphology in dental resin composites: A review. *Materials*. 2021;14(19):5612. Doi: <https://doi.org/10.3390/ma14195612>
8. Chen JQ, Sharifzadeh Z, Bigdeli F, Gholizadeh S, Li Z, Hu ML, Morsali A. MOF composites as high potential materials for hazardous organic contaminants removal in aqueous environments. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2023;11(2):109469. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109469>
9. Dantagnan CA, Babajko S, Nassif A, Houari S, Jedeon K, François P, et al. Analysis of resin-based dental materials' composition depending on their clinical applications. *Polymers*. 2024;16(8):1022. Doi: <https://doi.org/10.3390/polym16081022>
10. Basri MHC, Erlita I, Nahzi MYI. Kekasaran permukaan resin komposit nanofiller setelah perendaman alam air sungai dan air PDAM. *Dentino J Kedokteran Gigi*. 2017;2(1):101-6. Doi: <https://doi.org/10.20527/dentino.v2i1.2612>
11. Gawriolek M, Varma N, Hernik A, Elias W, Strykowska M, Paszyńska E, et al. Investigating the mechanisms of discoloration in modern dental materials: a comprehensive characterization approach. *Journal of Functional Biomaterials*. 2024;15(9):246. Doi: <https://doi.org/10.3390/jfb15090246>
12. Kruzic JJ, Arsecularatne JA, Tanaka CB, Hoffman MJ, Cesar PF. Recent advances in understanding the fatigue and wear behavior of dental composites and ceramics. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2018;88:504-533. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.08.008>
13. Nugroho DA, Triswari D, Yunisa F, Delphi KS. Differences in water absorption between nanosisal composite, nanosisal composite with coupling agent, and nanofiller composite in robusta coffee solution. *AIP Conf Proc*.

- 2025;3312(1):020001. Doi: <https://doi.org/10.1063/5.0273256>
14. Putri RS. Sintesis dan karakterisasi nanopartikel Ag dengan bantuan bioreduktor ekstrak daun saga (*Abrus precatorius* L.) [Tugas Akhir]. Tegal: Politeknik Harapan Bersama; 2023. Available from: <https://repository.poltektegal.ac.id/index.php/repo/article/view/3929>.
15. Isra. Analisa perubahan warna resin komposit hybrid dengan nanohybrid dalam minuman kopi robusta [Skripsi]. Malang: Universitas Brawijaya; 2020. Available from: <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/191232/>
16. Mohamad-Kharib A, Chamorro-Petronacci C, Pérez-Jardón A, Castelo-Baz P, Martin-Biedma B, Ginzo-Villamayor MJ, García-García A. Staining susceptibility of microhybrid and nanohybrid composites on exposure to different color solutions. *Appl Sci*. 2023;13(20):11211. Doi: <https://doi.org/10.3390/app132011211>
17. Leal CFC, Miranda SB, Alves NEL, Freitas K, de Sousa WV, Lins RBE, et al. Color stability of single-shade resin composites in direct restorations: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Polymers*. 2024;16(15):2172. Doi: <https://doi.org/10.3390/polym16152172>
18. Bancin UAW, Erlita I, Diana S. Pengaruh jarak penyinaran terhadap nilai derajat konversi resin komposit bioaktif. *Dentin J Kedokteran Gigi*. 2021;4(1):59-64. Doi: <https://doi.org/10.20527/dentin.v4i1.2662>.
19. Saygi G, Karakoç P, Serbes I, Özel S, Erdemir U, Yücel T. Effect of surface sealing on stain resistance of a nano-hybrid resin composite. *J Istanbul Univ Fac Dent*. 2015;49(2):23-28. Doi: <https://doi.org/10.17096/jiufd.24298>
20. Assaf C, Abou Samra P, Nahas P. Discoloration of resin composites induced by coffee and tomato sauce and subjected to surface polishing: An in vitro study. *Med Sci Monit Basic Res*. 2020;26:e923279. Doi: <https://doi.org/10.12659/MSMBR.923279>
21. Aulia NR, Puspitasari D, Najzi MYI. Perbedaan perubahan warna resin komposit nanofiller pada perendaman air rebusan daun sirih merah (*Piper crocatum*) dan obat kumur non-alkohol. *Dentino J Kedokteran Gigi*. 2017;2(1):50-5. Doi: <https://doi.org/10.20527/dentino.v2i1.2604>.
22. Abqho FL. Pengaruh kopi arabika dan robusta Gayo terhadap perubahan warna pada resin komposit nanofiller [Skripsi]. Padang: Universitas Andalas; 2022. Available from: <http://scholar.unand.ac.id/121263/>.
23. Nurani R, Roessali W, Ekowati T. Strategi pengembangan agrowisata Jollong di Kabupaten Pati. *Pariwisata*. 2020;7(2):80-91. Doi: <https://doi.org/10.31294/par.v7i2.8206>