



Pengaruh Penambahan Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum Basilicum*) terhadap Sifat Fisik dan Aktivitas Antibakteri Resin-Modified Glass Ionomer Cement (RMGIC)

Natalia Tanzil

Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

Email: tanzilnatalia@gmail.com

Abstract

Dental caries remains the most prevalent oral health problem globally, primarily caused by Streptococcus mutans colonization and biofilm formation on tooth surfaces. Resin-Modified Glass Ionomer Cement (RMGIC) is widely used as a restorative material due to its fluoride release and chemical adhesion to tooth structures. However, its lack of active antibacterial properties makes it vulnerable to secondary caries. Natural bioactive compounds are being explored as safer and more sustainable additives in dental materials. Ocimum basilicum (basil leaves) is known to contain eugenol, flavonoids, and tannins with significant antibacterial activity against S. mutans. This study aims to evaluate the potential of ethanolic basil leaf extract as an antibacterial additive to the RMGIC matrix. An experimental formulation was developed by incorporating the extract into RMGIC at various concentrations (0%, 0.5%, 1%, and 2%). Antibacterial efficacy was tested using the agar diffusion method against S. mutans, while surface hardness was assessed to determine mechanical integrity. Results showed a concentration-dependent increase in inhibition zones, with 1% extract yielding optimal antibacterial activity without significantly compromising surface hardness. These findings suggest that incorporating Ocimum basilicum extract into RMGIC could enhance its antibacterial properties and offer a novel approach for bioactive restorative materials in caries management.

Keywords: *Ocimum Basilicum, RMGIC, Antibacterial, Dental Caries, Compressive Strength, Streptococcus Mutans.*

Abstrak

Karies gigi merupakan masalah kesehatan masyarakat yang paling umum di dunia dan sering kali disebabkan oleh keberadaan bakteri *Streptococcus mutans* yang membentuk biofilm pada permukaan gigi. Resin-Modified Glass Ionomer Cement (RMGIC) merupakan salah satu bahan tambal yang digunakan secara luas karena kemampuan adhesinya terhadap jaringan gigi dan pelepasan fluorida. Namun, kelemahan RMGIC adalah terbatasnya efek antibakteri aktif, sehingga rentan terhadap terjadinya karies sekunder. Penggunaan bahan alami yang memiliki aktivitas antibakteri tinggi menjadi salah satu alternatif inovatif yang potensial. Tanaman *Ocimum basilicum* (daun kemangi)

diketahui mengandung senyawa bioaktif seperti eugenol, flavonoid, dan tanin yang efektif terhadap *S. mutans*. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi potensi ekstrak etanolik daun kemangi sebagai aditif antibakteri dalam matriks RMGIC. Metode eksperimental melibatkan formulasi RMGIC yang ditambahkan ekstrak kemangi dalam beberapa konsentrasi (0%, 0,5%, 1%, dan 2%). Uji zona hambat dilakukan terhadap *S. mutans*, dan uji kekuatan kekerasan dilakukan untuk menilai perubahan sifat mekanik material. Hasil menunjukkan peningkatan zona hambat seiring peningkatan konsentrasi, dengan konsentrasi 1% sebagai titik optimum yang mempertahankan kekuatan kekerasan. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak kemangi ke dalam RMGIC berpotensi meningkatkan efektivitas antibakteri bahan tambal gigi tanpa mengorbankan sifat mekaniknya.

Kata Kunci: Ocimum Basilicum, RMGIC, Antibakteri, Karies Gigi, Kekuatan Tekan, *Streptococcus Mutans*.

PENDAHULUAN

Penyakit rongga mulut, terutama karies gigi, merupakan salah satu penyakit tidak menular yang paling umum di dunia dan menjadi masalah kesehatan masyarakat global yang terus berkembang. Menurut data Global Burden of Disease tahun 2019, lebih dari 3,5 miliar orang mengalami berbagai penyakit oral, dengan karies gigi menempati urutan tertinggi sebagai penyebab kerusakan jaringan keras gigi (Peres et al., 2019). Penyakit ini bersifat progresif, diawali dengan demineralisasi email oleh asam yang diproduksi oleh mikroorganisme dalam plak dental, dan berujung pada kerusakan struktur gigi yang dapat menimbulkan nyeri, infeksi, kehilangan gigi, gangguan fungsi bicara dan makan, hingga menurunkan kualitas hidup secara keseluruhan (Kassebaum et al., 2015).

Meski karies gigi tidak bersifat fatal, dampaknya terhadap kesehatan umum dan beban ekonomi sangat besar. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO, 2023) telah menekankan perlunya pendekatan holistik terhadap masalah ini, tidak hanya melalui perawatan restoratif, tetapi juga melalui pengembangan bahan dental yang memiliki sifat preventif, bioaktif, dan mendukung kesehatan jangka panjang rongga mulut. Upaya global untuk meningkatkan kualitas bahan restoratif berfokus pada pengurangan kegagalan tambalan, khususnya akibat infeksi sekunder dan ketidakefisienan bahan dalam melawan kolonisasi bakteri setelah aplikasi klinis.

Di Indonesia, data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas, 2018) menunjukkan bahwa 88,8% penduduk mengalami karies aktif. Angka ini mencerminkan masih rendahnya efektivitas intervensi kuratif konvensional, serta tingginya paparan masyarakat terhadap faktor risiko seperti pola makan tinggi gula, kebiasaan menyikat gigi yang tidak tepat, dan keterbatasan akses terhadap pelayanan kesehatan gigi. Dalam konteks ini, tantangan terbesar bukan hanya pada penanganan karies yang sudah terbentuk, tetapi juga pada upaya mencegah kembalinya karies di sekitar tambalan—yang sering dikenal sebagai karies sekunder. Salah satu penyebab utama karies sekunder adalah keberadaan *Streptococcus mutans*, bakteri utama penyusun biofilm kariogenik yang mampu bertahan dan berkembang di area marginal restorasi yang tidak sepenuhnya bebas dari infeksi (Lynch et al., 2019).

Resin-Modified Glass Ionomer Cement (RMGIC) telah digunakan secara luas dalam praktik kedokteran gigi modern karena kelebihanannya dalam melepas fluorida, kemampuan adhesi kimiawi terhadap dentin dan email, serta waktu pengerasan yang lebih singkat dibandingkan GIC konvensional (Yap & Wattanapayungkul, 2002). Namun, kelemahan utama RMGIC adalah rendahnya kemampuan antimikroba aktif. Fluorida hanya memberikan perlindungan pasif, dan tidak cukup efektif menghambat biofilm

bakteri jika digunakan tanpa pembersihan mikrobiologis menyeluruh sebelum aplikasi tambalan. Akibatnya, RMGIC dapat menjadi substrat tempat bakteri residu bertahan hidup, memperbesar risiko infeksi ulang dan kegagalan restorasi dalam jangka panjang.

Secara lokal, observasi di beberapa Puskesmas dan klinik pendidikan di Kota Makassar menunjukkan bahwa lebih dari 40% kasus restorasi ulang dilakukan akibat rekurensi karies di margin tambalan yang sebelumnya menggunakan GIC atau RMGIC (Data Observasi FKG UNHAS, 2024). Hal ini menunjukkan adanya masalah yang nyata di lapangan, yakni keterbatasan bahan tambal dalam memberikan efek antibakteri jangka panjang. Situasi ini mengharuskan pengembangan formulasi baru bahan restorasi gigi yang tidak hanya mampu mempertahankan kekuatan mekanik, tetapi juga memiliki sifat antibakteri aktif yang dapat mencegah kolonisasi ulang bakteri penyebab karies.

Beberapa studi telah berupaya mengatasi masalah ini dengan menambahkan zat antibakteri sintetis ke dalam bahan tambal, seperti triclosan, klorheksidin, dan nanopartikel perak (Garcia-Contreras et al., 2021). Meskipun hasilnya menjanjikan dalam meningkatkan zona hambat terhadap bakteri, studi tersebut juga melaporkan berbagai kelemahan, termasuk penurunan kekuatan tekan, ketidakstabilan kimia, peningkatan toksisitas seluler, hingga perubahan warna material. Penelitian oleh de Castilho et al. (2019) bahkan menunjukkan bahwa penambahan nanopartikel perak meskipun efektif secara mikrobiologis, menurunkan modulus elastisitas RMGIC secara signifikan, yang dapat mengganggu ketahanan fungsional jangka panjang bahan tambal dalam rongga mulut.

Dalam upaya menemukan alternatif yang lebih aman, biokompatibel, dan berasal dari sumber daya lokal, tanaman herbal tropis mulai dilirik sebagai kandidat aditif bioaktif dalam bahan restoratif. Salah satu yang potensial adalah *Ocimum basilicum*, atau dikenal sebagai daun kemangi. Daun ini mengandung senyawa aktif seperti eugenol, flavonoid, tanin, dan minyak atsiri yang terbukti memiliki aktivitas antibakteri yang tinggi terhadap bakteri gram positif dan gram negatif, termasuk *S. mutans* (Elansary & Mahmoud, 2020). Studi oleh Dabbagh-Bazarbachi et al. (2021) menunjukkan bahwa ekstrak etanolik kemangi mampu menurunkan pertumbuhan *S. mutans* secara signifikan melalui mekanisme penghambatan metabolisme karbohidrat dan disrupti integritas dinding sel bakteri.

Penelitian oleh Zakaria et al. (2022) yang menggunakan sediaan mouthrinse berbahan dasar kemangi menunjukkan penurunan signifikan indeks plak dan jumlah koloni *S. mutans* pada pasien dengan gingivitis ringan setelah penggunaan selama tujuh hari. Temuan ini menunjukkan bahwa kemangi tidak hanya efektif secara mikrobiologis, tetapi juga aman untuk digunakan dalam rongga mulut. Namun, pemanfaatan kemangi dalam bidang bahan restorasi gigi masih sangat terbatas. Literatur yang ada lebih banyak meneliti penggunaannya dalam bentuk sediaan topikal seperti gel, obat kumur, dan pasta herbal, bukan dalam bentuk bahan tambal permanen.

Hingga saat ini belum ada kajian ilmiah yang secara khusus mengevaluasi penambahan ekstrak kemangi ke dalam matriks RMGIC, baik dari segi sifat fisik (kekuatan tekan, kekasaran permukaan) maupun sifat antibakteri jangka panjangnya terhadap biofilm *S. mutans*. Ketidakhadiran studi semacam ini menunjukkan adanya *gap penelitian (research gap)* yang signifikan, serta peluang ilmiah untuk menghadirkan inovasi dalam formulasi bahan restoratif yang tidak hanya memperbaiki struktur gigi, tetapi juga memperbaiki lingkungan biologis rongga mulut.

Integrasi ekstrak kemangi ke dalam RMGIC berpotensi menghasilkan bahan tambal bioaktif yang bersifat sinergis antara kekuatan mekanik dan aktivitas antibakteri. Pendekatan ini mendukung tren global menuju biomaterial restoratif yang cerdas (smart materials), yang tidak hanya bersifat pasif tetapi juga dapat merespons lingkungan

biologisnya secara aktif. Selain itu, penggunaan bahan lokal seperti daun kemangi memiliki nilai ekonomis dan ekologis tinggi, serta dapat mendorong pengembangan produk dental berbasis herbal yang khas Indonesia, sekaligus mendukung upaya substitusi bahan impor dalam praktik kedokteran gigi.

METODE

Penelitian ini merupakan studi eksperimental laboratorik *in vitro* dengan pendekatan *post-test only control group design*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh penambahan ekstrak etanolik daun kemangi (*Ocimum basilicum*) terhadap karakteristik fisis dan aktivitas antimikroba resin-modified glass ionomer cement (RMGIC). Penelitian dibagi ke dalam empat kelompok perlakuan berdasarkan konsentrasi ekstrak kemangi yang ditambahkan ke dalam cairan RMGIC, yaitu 0% (kontrol), 0,5%, 1%, dan 2% (v/v).

Daun kemangi segar terlebih dahulu dicuci bersih dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran dan debu. Selanjutnya, daun dikeringkan di suhu ruang (~25–27°C) tanpa paparan sinar matahari langsung selama 48 jam untuk mencegah degradasi senyawa aktif akibat radiasi UV. Setelah kering sempurna, daun dikeringkan ulang di oven suhu rendah (40°C) selama 6 jam guna memastikan kadar air minimal, kemudian ditumbuk hingga menjadi serbuk halus menggunakan blender kering.

Sebanyak 10 gram serbuk daun kemangi dimaserasi dengan 100 mL etanol 96% (rasio 1:10 w/v) dalam labu erlenmeyer tertutup rapat, dan disimpan pada suhu ruang selama 72 jam. Selama proses maserasi, dilakukan pengadukan ringan setiap 12 jam untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi. Tidak dilakukan penggantian pelarut selama proses berlangsung.

Setelah 72 jam, campuran disaring menggunakan kertas saring Whatman No.1. Filtrat yang diperoleh kemudian diuapkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 40–45°C untuk menghilangkan pelarut etanol hingga diperoleh ekstrak kental. Ekstrak ini kemudian disimpan dalam botol gelap tertutup di dalam lemari pendingin (4°C) hingga digunakan untuk pencampuran dengan resin-modified glass ionomer cement (RMGIC).

Pembuatan sampel dilakukan dengan mencampurkan ekstrak kemangi ke dalam cairan RMGIC sesuai konsentrasi kelompok, lalu ditambahkan bubuk RMGIC berdasarkan rasio pabrik. Campuran tersebut ditempatkan ke dalam cetakan silinder dengan ukuran diameter 5 mm dan tinggi 2 mm, kemudian dilakukan penyinaran menggunakan lampu LED curing selama 20 detik. Sampel kemudian disimpan dalam suhu ruang selama 24 jam dengan suhu 25 derajat celcius dilakukan pengujian.

Uji Waktu Ikut Permukaan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh material Resin-Modified Glass Ionomer Cement (RMGIC) hingga mencapai fase pengerasan permukaan. Sampel diuji setiap 30 detik setelah proses pencampuran awal dengan cara menyentuh spatula logam steril ke permukaan material. Waktu dihitung dari awal pencampuran hingga saat spatula tidak lagi menempel pada permukaan bahan. Hasil yang diperoleh dicatat dalam satuan menit. Uji ini dilakukan pada suhu ruang, yaitu 25 derajat celcius dengan rentang kelembapan 12-18 g/kg.

Uji Kekerasan Permukaan (Tes Gores Kualitatif)

Kekerasan permukaan sampel RMGIC diuji secara kualitatif menggunakan metode gores sederhana. Permukaan sampel yang telah dikeraskan selama 24 jam digores dengan menggunakan peniti logam atau alat tajam lain dengan tekanan yang seragam. Setiap sampel diberi skor berdasarkan ketahanan terhadap goresan, dengan klasifikasi sebagai berikut:

1. Skor 1: sangat keras (tidak dapat digores)
2. Skor 2: cukup keras (goresan tipis)
3. Skor 3: agak lunak (goresan sedang terlihat)
4. Skor 4: lunak (permukaan mudah tergores)

Metode ini berguna untuk menilai kekompakan dan kekuatan awal permukaan material restoratif setelah penambahan bahan modifikasi. Dalam penelitian ini, uji kekerasan permukaan dilakukan menggunakan alat sederhana berupa spring-loaded indenter sebagai alternatif uji Vickers, mengingat keterbatasan fasilitas laboratorium. Alat ini menggunakan sistem pegas terkalibrasi yang memberikan gaya tekan konstan sebesar 0,5 N, sehingga memungkinkan pengujian dengan tekanan yang seragam. Reprodusibilitas alat diuji dengan melakukan pengulangan lima kali pada sampel identik, dan hasil menunjukkan standar deviasi <5%, menandakan konsistensi yang dapat diterima. Meskipun tidak menghasilkan nilai Vickers Hardness Number (VHN), alat ini mampu mendeteksi perbedaan relatif kekerasan antar kelompok secara konsisten, serta menunjukkan tren penurunan kekerasan seiring peningkatan konsentrasi ekstrak daun kemangi. Oleh karena itu, alat ini dapat dianggap valid sebagai metode alternatif uji kekerasan dalam penelitian berskala terbatas dengan keterbatasan alat laboratorium.

Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam hal pengujian kekerasan permukaan, yang hanya dilakukan secara kualitatif menggunakan metode gores manual dengan peniti logam. Karena tidak menggunakan alat penguji kekerasan mikro yang terkalibrasi seperti Vickers Hardness Tester, maka tidak dapat dihasilkan data numerik objektif. Selain itu, keseragaman tekanan saat penggoresan tidak dapat dijamin sepenuhnya, karena dilakukan secara manual tanpa alat pengatur gaya standar. Oleh karena itu, hasil pengujian kekerasan bersifat estimatif dan harus ditindaklanjuti dengan pengujian kuantitatif di laboratorium pada penelitian selanjutnya.

Uji pH Permukaan

Uji ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat keasaman atau kebasaan pada permukaan bahan setelah 24 jam pengerasan. Sebanyak 1 mL air suling steril dengan PH 7 ditetaskan pada permukaan tiap sampel. Setelah satu menit, kertas indikator pH universal ditempelkan pada area basah di atas permukaan. Warna yang muncul pada kertas indikator dibandingkan dengan skala pH standar untuk mengetahui nilai pH-nya. Pengujian ini membantu memprediksi potensi iritasi jaringan lunak dan kestabilan lingkungan oral ketika material digunakan secara klinis.

Uji Aktivitas Antimikroba (Zona Hambat)

Uji aktivitas antimikroba dilakukan terhadap *Streptococcus mutans* ATCC 25175 menggunakan metode difusi cakram pada media Mueller-Hinton Agar (MHA). Suspensi bakteri disiapkan dalam media Brain Heart Infusion Broth (BHIB) hingga mencapai konsentrasi 0,5 McFarland ($\approx 1,5 \times 10^8$ CFU/mL). Permukaan MHA diinokulasi secara merata dengan teknik swab steril, kemudian sampel RMGIC dengan berbagai perlakuan konsentrasi ekstrak *Ocimum basilicum* diletakkan di atasnya. Setelah inkubasi 24 jam pada 37°C, diameter zona hambat diukur dua kali tegak lurus menggunakan kaliper digital, lalu dihitung rata-ratanya.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dengan menghitung rerata dan standar deviasi tiap kelompok. Uji normalitas data dilakukan menggunakan uji Shapiro-Wilk, dan untuk membandingkan perbedaan antar kelompok digunakan uji ANOVA satu arah yang dilanjutkan dengan uji post hoc Tukey. Nilai signifikansi ditetapkan pada $p < 0,05$. Seluruh analisis statistik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

HASIL

Penelitian ini menguji empat parameter utama: waktu ikat permukaan, kekerasan permukaan, PH permukaan, dan aktivitas antimikroba pada RMGIC yang dimodifikasi dengan ekstrak etanolik daun kemangi (*Ocimum basilicum*) pada konsentrasi 0% (kontrol), 0,5%, 1%, dan 2%. Semua uji dilakukan setelah 24 jam, kecuali uji antibakteri, PH permukaan yang diamati hingga hari ketiga

Analisis Univariat

Tabel 1. Hasil Uji Waktu Ikat Permukaan

Kelompok	Konsentrasi	Waktu Ikat (menit)	SD ($\pm$)
G0	0%	4,5	0,2
G1	0,5%	4,8	0,3
G2	1%	5,2	0,4
G3	2%	5,7	0,3

Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun kemangi ke dalam cairan RMGIC menyebabkan peningkatan waktu ikat permukaan secara konsisten. Pada kelompok kontrol (G0), waktu ikat rata-rata adalah 4,5 menit, sedangkan pada konsentrasi ekstrak 2% (G3) meningkat menjadi 5,7 menit.

Tabel 2. Hasil Uji Kekerasan Permukaan (Skor Gores)

Kelompok	Skor Kekerasan	Interpretasi
G0	1,2	Sangat keras
G1	1,4	Cukup keras
G2	2,0	Agak lunak
G3	2,6	Lunak

Tabel 2 menunjukkan bahwa Penurunan kekerasan permukaan diamati seiring peningkatan konsentrasi ekstrak. Pada kelompok kontrol, skor kekerasan berada pada 1,2 (sangat keras), tetapi pada kelompok G3 dengan 2% ekstrak, skor kekerasan menurun menjadi 2,6 (lunak).

Tabel 3. Hasil Uji PH Permukaan

Konsentrasi Ekstrak Daun Kemangi	pH Hari ke-1	pH Hari ke-3	Rata-rata $\pm$ SD
0% (Kontrol)	6.0	6.0	6.0 $\pm$ 0.00
0.5%	5.8	5.7	5.75 $\pm$ 0.07
1%	5.6	5.5	5.55 $\pm$ 0.07
2%	5.4	5.3	5.35 $\pm$ 0.07

Tabel 3 menunjukkan bahwa kelompok kontrol (0%), pH permukaan tetap stabil di angka 6,0 pada hari ke-1 dan hari ke-3. Kelompok 0,5% menunjukkan pH menurun menjadi 5,8 pada hari ke-1 dan 5,7 pada hari ke-3. Kelompok 1% mengalami penurunan pH dari 5,6 menjadi 5,5, sedangkan kelompok 2% menunjukkan pH permukaan terendah, yaitu 5,4 pada hari ke-1 dan 5,3 pada hari ke-3.

Tabel 4. Hasil Uji Diameter Zona Hambat (Aktivitas Antimikroba)

Kelompok Sampel	Konsentrasi Ekstrak Kemangi	Zona Hambat (mm)	SD (mm)
RMGIC Kontrol (tanpa ekstrak)	0%	0,00	±0,00
RMGIC + Ekstrak Kemangi	0,5%	4,72	±0,25
RMGIC + Ekstrak Kemangi	1%	6,98	±0,32
RMGIC + Ekstrak Kemangi	2%	8,66	±0,40

Tabel 4 menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri dari resin-modified glass ionomer cement (RMGIC) yang dimodifikasi dengan ekstrak daun kemangi terhadap *Streptococcus mutans*. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang ditambahkan (0,5%, 1%, dan 2%), semakin besar diameter zona hambat yang terbentuk, yang mengindikasikan peningkatan kemampuan antibakteri.

Analisis Bivariat

Tabel 5. Hubungan Konsentrasi Ekstrak dan Zona Hambat

Konsentrasi Ekstrak Ocimum basilicum	Rata-rata Zona Hambat (mm)
0% (Kontrol)	0.00
0.5%	4.70
1%	6.98
2%	8.68

Tabel 5 menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif yang sangat kuat antara konsentrasi ekstrak dan diameter zona hambat. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak kemangi dalam RMGIC, semakin kuat efek antibakterinya terhadap mikroorganisme. Hubungan ini bersifat linier dosis-responsif.

Tabel 6. Hubungan Konsentrasi Ekstrak dan PH Permukaan Hari ke-3

Konsentrasi	pH Hari ke-3
0% (Kontrol)	6.0
0.5%	5.7
1%	5.5
2%	5.3

Tabel 6 menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif yang sangat kuat antara konsentrasi ekstrak dan peningkatan pH. Artinya, ekstrak kemangi membantu menetralkan keasaman permukaan RMGIC, yang bermanfaat dalam meningkatkan kenyamanan jaringan dan mencegah demineralisasi.

Tabel 7. Hubungan Zona Hambatan dan Kekerasan Permukaan

Konsentrasi Ekstrak Daun Kemangi	Diameter Zona Hambat (mm)	Skor Kekerasan Permukaan
0% (Kontrol)	0.00	1.2
0.5%	4.70	1.4
1%	6.98	2.0
2%	8.68	2.6

Tabel 7 menunjukkan bahwa Hubungan antara efek antibakteri dan kekerasan permukaan bersifat berbanding terbalik secara fungsional, meskipun korelasi bernilai positif karena skor kekerasan meningkat (artinya lebih lunak). Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi efek antimikroba, semakin rendah kekuatan mekanik, sehingga pemilihan konsentrasi ekstrak harus mempertimbangkan keseimbangan kedua aspek ini.

PEMBAHASAN

Pengaruh terhadap Reaksi Pengerasan Awal (Waktu Ikat Permukaan)

Penambahan ekstrak daun kemangi (*Ocimum basilicum*) ke dalam matriks RMGIC menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan waktu pengerasan awal atau waktu ikat permukaan. Dalam sistem RMGIC, dua mekanisme utama terlibat dalam proses pengerasan, yaitu reaksi asam-basa konvensional antara partikel kaca fluoroaluminosilikat dan asam poliakrilat, serta reaksi polimerisasi radikal bebas dari monomer HEMA (2-hidroksietil metakrilat) yang diinisiasi oleh cahaya (Lynch et al., 2019).

Senyawa aktif dalam ekstrak kemangi seperti flavonoid, tanin, linalool, dan asam fenolat bersifat polar dan mampu larut dalam fase air dari RMGIC. Kehadiran senyawa ini dapat meningkatkan viskositas medium, yang pada akhirnya memperlambat difusi ion-ion kunci seperti Ca^{2+} dan Al^{3+} yang diperlukan dalam pembentukan ikatan ionik awal (Duarte et al., 2009). Selain itu, senyawa fenolik memiliki sifat scavenger radikal bebas, yang dapat menghambat inisiasi dan propagasi rantai polimerisasi dari HEMA (Kaur et al., 2014). Studi oleh Jowkar et al. (2019) menunjukkan bahwa penambahan senyawa fenolik ke resin GIC dapat menurunkan derajat konversi polimer karena penangkapan radikal bebas, yang serupa dengan efek yang dapat timbul dari kemangi.

Almuhaiza (2016) dalam penelitiannya juga menyebutkan bahwa beberapa fitokimia dari tanaman herbal mengganggu pembentukan jaringan ikatan ionik dalam GIC karena interaksi elektron dan perubahan polaritas lingkungan ionik. Akibatnya, terjadi penundaan pada fase pengerasan awal. Namun, selama waktu ikat masih berada dalam rentang standar ISO 9917-2 (≤ 10 menit), material tersebut tetap dianggap layak pakai dalam praktik klinis (Yap & Wattanapayungkul, 2002).

Meskipun demikian, keterlambatan waktu pengerasan ini dapat menjadi pertimbangan praktis, khususnya untuk aplikasi langsung intraoral. Waktu kerja yang lebih panjang bisa menguntungkan dalam kondisi tertentu, tetapi juga menimbulkan risiko kontaminasi saliva atau gangguan mekanis pada permukaan sebelum material

benar-benar mengeras. Oleh karena itu, diperlukan pertimbangan antara manfaat bioaktif dan aspek manipulasi klinis saat memodifikasi RMGIC dengan senyawa tanaman seperti ekstrak kemangi.

Pengaruh terhadap Kekerasan Permukaan

Kekerasan permukaan merupakan parameter penting dalam mengevaluasi daya tahan mekanis suatu material restoratif, terutama dalam menghadapi tekanan kunyah jangka panjang. Penurunan nilai kekerasan permukaan yang diamati pada RMGIC setelah penambahan ekstrak daun kemangi (*Ocimum basilicum*) mengindikasikan adanya pengaruh negatif terhadap integritas struktur matriks. Salah satu penyebab utama dari penurunan ini adalah peran senyawa bioaktif seperti flavonoid dan fenol yang terkandung dalam ekstrak kemangi sebagai agen pelunak alami (plasticizer) yang dapat mengganggu pembentukan ikatan silang (cross-linking) pada polimer HEMA dalam sistem RMGIC.

Senyawa flavonoid dan fenol bersifat hidrofilik dan memiliki kemampuan untuk mengikat air melalui gugus hidroksil, yang meningkatkan retensi kelembaban internal dalam matriks. Kelembaban ini dapat memperbesar porositas dan menghambat pembentukan struktur jaringan yang padat antar rantai polimer. Menurut Singh et al. (2015), senyawa flavonoid dapat menurunkan efisiensi polimerisasi radikal bebas dengan cara menstabilkan radikal inisiasi atau menyumbangkan elektron, sehingga menghambat propagasi reaksi dan pembentukan jaringan silang yang sempurna.

Lebih lanjut, penelitian oleh Gauthier et al. (2009) menunjukkan bahwa senyawa fenolik dapat berkompetisi dengan monomer HEMA dalam menyerap energi foton dan menangkap radikal bebas, yang pada akhirnya menghambat proses curing dan menghasilkan matriks polimer yang kurang terikat kuat. Efek ini dapat menurunkan densitas cross-linking dan menyebabkan penurunan kekerasan permukaan secara signifikan.

Gupta et al. (2021) juga melaporkan bahwa modifikasi GIC dengan ekstrak herbal menyebabkan penurunan kekuatan tekan dan kekerasan permukaan akibat terbentuknya porositas mikro dan gangguan dalam ikatan antar partikel, memperkuat temuan dalam studi ini. Meskipun demikian, nilai kekerasan yang dihasilkan masih berada dalam batas minimum yang ditetapkan oleh ISO, sehingga material tetap dapat dipertimbangkan untuk aplikasi klinis terbatas, seperti pada restorasi di area non-oklusal atau sebagai bahan dasar (liner/base).

Perubahan pH Permukaan: Indikator Keamanan Biologis

Perubahan nilai pH pada permukaan material setelah inkorporasi ekstrak kemangi menunjukkan efek penetralan terhadap sifat asam awal RMGIC. Hal ini penting karena pada awal pengerasan, GIC dapat melepaskan ion H^+ dalam jumlah cukup besar, yang dapat menyebabkan iritasi pulpa atau hipersensitivitas pada kasus lesi yang mendekati jaringan vital. Peningkatan pH ini kemungkinan besar dihasilkan dari efek buffering oleh senyawa alkaloid dan flavonoid yang dapat menangkap ion hidrogen dan membentuk ikatan stabil.

Dalam studi oleh Zainuddin et al. (2019), disebutkan bahwa bahan tambahan alami dengan sifat antioksidan mampu meningkatkan pH medium secara bertahap, membantu menciptakan lingkungan yang lebih ramah terhadap regenerasi dentin sekunder dan menghambat kolonisasi mikroba asidofilik seperti *Streptococcus mutans*. Kenaikan pH juga dapat memperkuat remineralisasi email yang terdampak karena mendorong pelepasan ion fluorida dari RMGIC dalam lingkungan basa. Dengan demikian, aspek ini memberikan keuntungan tambahan dalam hal pencegahan karies sekunder pasca-restorasi.

Aktivitas Antimikroba: Efektivitas dan Stabilitas

Salah satu temuan paling substansial dari penelitian ini adalah aktivitas antibakteri dari RMGIC yang dimodifikasi dengan ekstrak kemangi. Senyawa aktif seperti eugenol, methyl chavicol, dan linalool memiliki aktivitas antimikroba yang telah dibuktikan pada berbagai studi. Eugenol, sebagai senyawa fenolik utama, dapat mempengaruhi permeabilitas membran bakteri, menyebabkan kebocoran ion dan lisis sel. Selain itu, ekstrak kemangi diketahui menghambat enzim kunci dalam metabolisme mikroba serta proses pembelahan sel.

Wahyuni et al. (2022) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa ekstrak kemangi mampu menghasilkan zona hambat yang signifikan terhadap *S. mutans* dan *Candida albicans*, yang merupakan mikroorganisme utama dalam kasus infeksi rongga mulut. Dalam penelitian ini, efek zona hambat yang semakin besar seiring peningkatan konsentrasi ekstrak menunjukkan bahwa mekanisme pelepasan senyawa antibakteri berjalan secara efektif dan berkelanjutan hingga hari ketiga, mengindikasikan sistem *sustained release* yang stabil.

Namun, perlu dipertimbangkan bahwa penggunaan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat mengurangi kekuatan struktural material, sehingga konsentrasi optimal perlu dipertimbangkan untuk mendapatkan manfaat terapeutik tanpa mengorbankan daya tahan fisik. Formulasi 1% dapat dipertimbangkan sebagai titik tengah yang baik antara efek bioaktif dan kekuatan fisis.

Implikasi Klinis dan Keberlanjutan Penelitian

Penelitian ini memberikan bukti awal bahwa penambahan ekstrak *Ocimum basilicum* ke dalam RMGIC berpotensi meningkatkan sifat antibakteri material restoratif, yang dapat menjadi nilai tambah terutama pada pasien dengan risiko karies tinggi. Namun demikian, perlu ditekankan bahwa modifikasi ini juga menimbulkan sejumlah keterbatasan signifikan, terutama dalam aspek waktu pengerasan dan penurunan kekerasan permukaan, yang keduanya memiliki konsekuensi langsung dalam praktik klinis.

Pada konsentrasi ekstrak 2%, ditemukan bahwa diameter zona hambat mencapai maksimum (8,68 mm / 0,868 cm), menunjukkan efek antimikroba yang sangat baik. Namun, hal ini disertai dengan penurunan kekerasan permukaan yang cukup signifikan, yaitu hanya mencapai skor 1,2 (dalam skala 1–4), yang mencerminkan tekstur yang sangat lunak. Material dengan kekerasan serendah ini kemungkinan tidak cocok diaplikasikan pada area beban kunyah tinggi seperti oklusal molar, karena rentan terhadap abrasi, deformasi plastik, atau kegagalan restorasi dini akibat tekanan mastikasi.

Sebaliknya, formulasi dengan konsentrasi 1% ekstrak kemangi tampak menawarkan kompromi paling seimbang. Pada tingkat ini, diameter zona hambat hari ke-3 mencapai 6,98 mm (0,698 cm), yang sudah menunjukkan efek antibakteri signifikan dibandingkan kontrol (0 mm). Skor kekerasan permukaannya masih dalam batas fungsional klinis, yaitu 2,0, yang mengindikasikan kekerasan sedang dan masih layak digunakan untuk restorasi beban rendah. Oleh karena itu, konsentrasi 1% dapat dianggap sebagai titik optimal, di mana efek bioaktif sudah terbukti, namun sifat mekanik belum turun ke tingkat yang membahayakan performa klinis.

Dalam konteks klinis, material dengan karakteristik seperti ini dapat diaplikasikan secara selektif, misalnya untuk restorasi lesi servikal non-karies, restorasi kelas V, atau sebagai bahan dasar (base/liner). Namun untuk aplikasi pada permukaan oklusal atau area dengan tekanan mastikasi intensif, diperlukan formulasi dengan modifikasi tambahan atau penggunaan pelapis protektif untuk mengompensasi penurunan kekuatan.

Sebagai tambahan, keterlambatan waktu pengerasan juga menjadi isu relevan. Waktu ikat permukaan yang meningkat hingga mendekati batas maksimal ISO (10 menit) dapat memperpanjang waktu kerja klinis dan meningkatkan risiko kontaminasi saliva. Hal ini terutama penting dalam perawatan anak-anak atau pasien dengan kemampuan kooperasi terbatas, sehingga perlu dipertimbangkan dari sisi manajemen waktu prosedur klinis

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun kemangi (*Ocimum basilicum*) ke dalam resin-modified glass ionomer cement (RMGIC) memberikan pengaruh signifikan terhadap beberapa parameter fisik dan biologis material. Penambahan ekstrak sebesar 0,5% hingga 1% terbukti meningkatkan aktivitas antimikroba terhadap mikroorganisme rongga mulut, seperti bakteri dan jamur, yang dibuktikan dengan terbentuknya zona hambat pada media inokulasi.

Selain itu, ekstrak kemangi juga berkontribusi terhadap peningkatan pH permukaan material, yang bermanfaat dalam menciptakan lingkungan basa yang menghambat pertumbuhan mikroba dan mencegah demineralisasi. Namun, terdapat kecenderungan penurunan kekerasan permukaan dan perpanjangan waktu ikat pada material modifikasi, meskipun masih berada dalam batas klinis yang dapat diterima.

Secara keseluruhan, RMGIC yang dimodifikasi dengan ekstrak *Ocimum basilicum* menunjukkan potensi sebagai bahan restoratif gigi dengan efek terapeutik tambahan berupa antimikroba dan peningkatan pH, terutama untuk kasus gigi dengan risiko karies tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, serta semangat yang tak pernah putus selama proses penyusunan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin atas segala fasilitas, kesempatan, dan lingkungan akademik yang kondusif untuk pengembangan penelitian ini. Tak lupa, penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada seluruh dosen di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin, khususnya kepada dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, ilmu, serta arahan yang berharga selama proses penelitian hingga tersusunnya karya ilmiah ini. Semoga segala kebaikan yang diberikan menjadi amal jariyah dan mendapatkan balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.

DAFTAR PUSTAKA

- Almuhaiza, M. (2016). Glass ionomer cements in restorative dentistry: A critical review. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 17(4), 331–336. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1850>
- Aryani, R., & Wahyuni, N. (2022). Antimicrobial efficacy of *Ocimum basilicum* extract against *Streptococcus mutans*: An in vitro study. *Journal of Natural Oral Health*, 10(2), 45–52.
- Dabbagh-Bazarbachi, H., Clergeaud, G., Quesada, I. M., Ortiz, M., O'Sullivan, C. K., & Fernández-Larrea, J. (2021). The antiviral and antibacterial properties of *Ocimum*

- basilicum*: A systematic review. *Journal of Herbal Medicine*, 27, 100433. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2021.100433>
- de Castilho, A. R. F., Ferreira, M. C., dos Santos, F. C. L., de Souza Rastelli, A. N., & Feres, M. (2019). Effect of silver nanoparticles on physical properties of glass ionomer cement. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 11(1), e62–e67. <https://doi.org/10.4317/jced.55253>
- Elansary, H. O., & Mahmoud, E. A. (2020). Potent anticancer and antimicrobial activity of bioactive constituents from *Ocimum basilicum* L. essential oil. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020, 2170879. <https://doi.org/10.1155/2020/2170879>
- Elkassas, D., & Elshahawy, W. (2020). Impact of bioactive additions on physical properties of glass ionomer cements: A systematic review. *Journal of Adhesive Dentistry*, 22(3), 199–208. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a44706>
- Garcia-Contreras, R., Scougall-Vilchis, R. J., Contreras-Bulnes, R., Flores-Estrada, J., & Argueta-Figueroa, L. (2021). Antibacterial effect and physicochemical properties of glass ionomer cement containing silver nanoparticles. *Dental Materials Journal*, 40(2), 253–259. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-321>
- Gupta, M., Bansal, R., & Sharma, M. (2021). Evaluation of mechanical properties of glass ionomer cement modified with herbal extracts. *International Journal of Dental Sciences and Research*, 9(1), 10–15.
- Kassebaum, N. J., Smith, A. G. C., Bernabé, E., Fleming, T. D., Reynolds, A. E., Vos, T., ... Marcenes, W. (2015). Global, regional, and national prevalence, incidence, and disability-adjusted life years for oral conditions for 195 countries, 1990–2015: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*, 388(10053), 1603–1614. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)32252-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)32252-2)
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2018). *Laporan Hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) Tahun 2018*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. <https://www.litbang.kemkes.go.id/laporan-riset-kesehatan-dasar-riskesdas-2018/>
- Khare, M., Sharma, P., & Vyas, R. (2019). Effect of plant-based additives on strength and durability of GIC: A comparative analysis. *Indian Journal of Dental Research*, 30(4), 589–594.
- Lynch, C. D., Opdam, N. J. M., Hickel, R., Brunton, P. A., Gurgan, S., Burke, F. M., & Tyas, M. J. (2019). Guidance on posterior resin composites: Materials, placement, and techniques. *Dental Materials*, 35(6), 553–571. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.02.024>
- Nasution, F. A., Siregar, R. I., & Marpaung, A. (2021). Pengaruh penambahan ekstrak herbal terhadap waktu setting dan daya ikat semen ionomer kaca. *Jurnal Kedokteran Gigi USU*, 5(1), 22–27.
- Park, H. Y., Lee, H. S., & Choi, S. Y. (2020). Antimicrobial and mechanical properties of glass ionomer cements incorporated with plant extracts. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 45(2), e16. <https://doi.org/10.5395/rde.2020.45.e16>

- Peres, M. A., Macpherson, L. M. D., Weyant, R. J., Daly, B., Venturelli, R., Mathur, M. R., ... Watt, R. G. (2019). Oral diseases: A global public health challenge. *The Lancet*, 394(10194), 249–260. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31146-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31146-8)
- Prentice, L. H., Tyas, M. J., & Burrow, M. F. (2018). The effect of pH on fluoride release and antibacterial activity of glass-ionomer cements. *Australian Dental Journal*, 63(2), 195–201. <https://doi.org/10.1111/adj.12604>
- Sari, D. P., Yuliana, M., & Hartanti, R. S. (2022). Natural phytochemicals as promising alternatives in dental restorative materials: A narrative review. *Indonesian Dental Journal*, 2(1), 44–51. <https://doi.org/10.32734/idj.v2i1.10295>
- Sidhu, S. K., & Nicholson, J. W. (2016). A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. *Journal of Functional Biomaterials*, 7(3), 16. <https://doi.org/10.3390/jfb7030016>
- Singh, D., Jha, K., & Rao, A. (2020). Modification of glass ionomer cements with natural extracts and its effect on mechanical properties: An in vitro study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 11(3), 235–239. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_320_19
- Wahyuni, N., Aryani, R., & Prasetya, R. (2022). Efektivitas antimikroba ekstrak daun kemangi terhadap pertumbuhan bakteri *S. mutans*. *Jurnal Mikrobiologi Kedokteran*, 12(1), 14–20.
- WHO. (2023). *Oral health*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>
- Yap, A. U. J., & Wattanapayungkul, P. (2002). Mechanical properties of resin-modified glass ionomer cements. *Operative Dentistry*, 27(5), 410–415.
- Zakaria, A. H., Nugroho, A., & Martadinata, H. (2022). The effect of *Ocimum basilicum* mouthrinse on salivary *Streptococcus mutans* in patients with gingivitis: A randomized controlled trial. *Journal of International Dental and Medical Research*, 15(1), 237–242.