

PERAN *QUORUM SENSING* TERHADAP INTERAKSI KOMUNITAS BAKTERI PADA PLAK GIGI

Muhamad Rivanha^{1,2*}, Sri Utami¹

¹Program Studi Biologi, Universitas Terbuka, Kota Tangerang Selatan

²Klinik Pratama dr. Ariadini Krisnasari, Cilebut, Kabupaten Bogor

*Penulis korespondensi: muhammadrivhan603@gmail.com

ABSTRAK

Bakteri pada plak gigi memiliki peran yang sangat penting dalam kesehatan mulut dan berkaitan dengan penyakit mulut. Bakteri tersebut membentuk komunitas kompleks yang berinteraksi satu sama lain dan dengan lingkungan inangnya, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap perkembangan kondisi seperti karies gigi dan penyakit periodontal. *Quorum sensing* diidentifikasi sebagai mekanisme kunci dalam interaksi mikroba dalam lingkungan oral. Komunikasi antar bakteri, termasuk melalui *quorum sensing*, memiliki peran sentral dalam pembentukan *biofilm* dan respons tubuh. Faktor-faktor seperti jenis bakteri, nutrisi, dan kondisi lingkungan mempengaruhi interaksi bakteri dalam plak gigi, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi komposisi dan aktivitas komunitas bakteri tersebut. *Literature review* ini bertujuan untuk memahami secara mendalam mekanisme peran *quorum sensing* dalam interaksi bakteri dalam plak gigi, yang merupakan faktor esensial dalam patogenesis karies gigi. Studi ini menggunakan pendekatan *literature review* dari artikel nasional maupun internasional dalam 10 tahun terakhir, dengan menggunakan kata kunci asam laktat, plak gigi, *quorum sensing*, dan *Streptococcus*. Pengetahuan mendalam tentang interaksi bakteri dalam plak gigi dapat membantu dalam pengembangan strategi pencegahan dan pengelolaan penyakit gigi untuk meningkatkan kesehatan gigi dan mulut secara keseluruhan.

Kata kunci: Asam laktat, plak gigi, *quorum sensing*, *Streptococcus*

1 PENDAHULUAN

Bakteri yang ada dalam plak gigi memainkan peran penting dalam kesehatan dan penyakit mulut. Bakteri ini membentuk komunitas kompleks yang berinteraksi satu sama lain dan lingkungan inangnya, berkontribusi terhadap perkembangan kondisi seperti karies gigi dan penyakit periodontal. Probiotik berperan dalam mengurangi virulensi bakteri patogen seperti *Porphyromonas gingivalis* dan meningkatkan respon imun tubuh pada gingivitis dan periodontitis. Selain itu, translokasi bakteri yang berhubungan dengan plak aterosklerotik ke beberapa organ dapat disebabkan oleh kerusakan jaringan selama prosedur perawatan gigi, sehingga berpotensi berdampak pada kesehatan sistemik (Fragkioudakis, 2021).

Komposisi spesies bakteri dalam plak gigi dapat berbeda tergantung pada faktor-faktor seperti kebiasaan kebersihan mulut, pola makan, dan respons imun tubuh. Memahami dinamika komunitas bakteri ini sangat penting untuk mengembangkan strategi yang efektif dalam mencegah dan mengobati penyakit mulut (Du, Qian, 2020). Bakteri dalam plak gigi terdiri dari berbagai spesies yang membentuk komunitas kompleks. Beberapa spesies bakteri umum yang ditemukan pada plak gigi antara lain *Streptococcus salivarius*, *Tannerella forsythia*, *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema denticola*, dan *Actinomyces actinomycetemcomitans* (Corredor, 2022). Interaksi antara spesies-spesies bakteri ini dapat mempengaruhi kesehatan gigi dan gusi, serta berkontribusi pada perkembangan penyakit periodontal.

Plak gigi merupakan *biofilm* yang terbentuk pada gigi, terdiri dari bakteri dan produk sampingannya. Hal ini memainkan peran penting dalam perkembangan penyakit gigi seperti karies dan penyakit periodontal. Plak gigi sebagai *biofilm* dan komunitas mikroba, implikasinya terhadap kesehatan dan penyakit mulut. Plak pada gigi menciptakan lingkungan mikrobiologis yang kompleks dalam mulut manusia, bahwa interaksi antara berbagai jenis bakteri dalam plak memiliki dampak besar terhadap kesehatan gigi dan mulut secara keseluruhan. Di antara hasil interaksi ini adalah produksi asam laktat, yang terbukti menjadi faktor kunci dalam pembentukan karies gigi (Kriebel, 2018).

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa plak gigi tidak hanya terdiri dari bakteri individu tetapi merupakan ekosistem kompleks yang dapat mempengaruhi kesehatan mulut secara keseluruhan (Falsetta, 2014). Oleh karena itu, pentingnya pengetahuan tentang interaksi komunitas bakteri dalam plak gigi semakin meningkat dalam upaya pencegahan dan pengelolaan penyakit gigi. Meskipun telah banyak penelitian dilakukan dalam domain ini, kebutuhan akan pemahaman yang lebih mendalam tentang kompleksitas interaksi bakteri dan implikasinya terhadap kesehatan gigi tetap ada. Studi literatur ini bertujuan untuk memahami secara mendalam mekanisme peran *quorum sensing* dalam interaksi bakteri dalam plak gigi, yang merupakan faktor esensial dalam patogenesis karies gigi. Studi literatur ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengetahuan tentang mekanisme yang mendasari pembentukan plak gigi dan karies, peran bakteri dalam kesehatan mulut dan sistemik, serta potensi pengembangan intervensi yang dapat meningkatkan kesehatan gigi, gusi, dan kesehatan secara keseluruhan.

2 METODE

Kerangka konseptual penelitian ini dipengaruhi oleh teori ekologi mikroba, yang menggambarkan plak gigi sebagai ekosistem kompleks yang berbagai jenis bakteri berinteraksi dalam keseimbangan dinamis. Dengan memahami interaksi ini, kita dapat mengidentifikasi sasaran intervensi yang potensial untuk mencegah pembentukan plak dan perkembangan penyakit gigi. studi ini merupakan *systematic literature review*, yang bertujuan untuk memahami secara mendalam mekanisme interaksi antara bakteri *Streptococcus* dengan bakteri lain dalam plak gigi serta bagaimana interaksi tersebut berkontribusi terhadap produksi asam laktat, yang merupakan faktor esensial dalam patogenesis karies gigi.

Studi ini dilakukan dengan menelusuri literatur menggunakan data jurnal elektronik, pencarian literatur dibantu dengan google scholar dan didapatkan beberapa artikel nasional dan internasional dari 5-10 tahun terakhir, menggunakan kaca kunci asam laktat, plak gigi, *quorum sensing* dan *Streptococcus*. Didapatkan 13 artikel internasional dan 5 artikel nasional, yang kemudian di filter berdasarkan relevansi topik dan tahun terbit artikel dan dipilih 10 artikel internasional serta 3 artikel nasional yang menjadi landasan utama dalam merangkum temuan dari literatur yang mengarah pada kesimpulan akhir.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil *literature review* yang dilakukan pada 10 artikel didapatkan bahwa, interaksi antara fungi dan bakteri sangat penting dalam menjaga kesehatan mulut dan mempengaruhi penyakit mulut, dengan penelusuran lebih lanjut diperlukan untuk memahami hubungan ini secara mendalam. *Biofilm* gigi terdiri dari berbagai komponen seperti bakteri, jamur, dan virus, yang bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan mulut dan kebersihan mulut individu. Aktivitas urease dalam plak gigi diukur untuk memahami perannya dalam pembentukan karies gigi, menunjukkan pentingnya analisis mikroba dalam penelitian longitudinal. Struktur komunitas mikroba dalam plak gigi, serta interaksi fisik dan kimia antar mikroba, memainkan

peran penting dalam pembentukan *biofilm* dan kesehatan periodontal. Adapun rincian metode dan hasil dari 10 artikel disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Analisis hasil tentang peran *quorum sensing* terhadap interaksi komunitas bakteri pada plak gigi

Sumber	Tipe Penelitian dan Metode	Hasil
<p><i>Cross-kingdom interaction between Candida albicans and oral bacteria</i></p> <p>Qian Du, Biao Ren, Xuedong Zhou, Ling Zhang and Xin Xu</p>	<p>Metode penelitian yang diterapkan dalam artikel ini melibatkan analisis menyeluruh atas literatur yang relevan tentang interaksi antara <i>Candida albicans</i> dan bakteri oral. Penulis melakukan evaluasi terhadap studi-studi sebelumnya guna mengembangkan pemahaman yang lebih dalam mengenai dampak interaksi antara kedua mikroorganisme tersebut terhadap kesehatan dan penyakit mulut. Selain itu, penelitian ini menguraikan implikasi klinis potensial dari interaksi antara <i>Candida albicans</i> dan bakteri oral dalam konteks kesehatan mulut. Para penulis juga menawarkan pandangan tentang arah penelitian di masa mendatang yang dapat meningkatkan pemahaman kita terhadap hubungan yang kompleks antara kedua mikroorganisme ini.</p>	<p><i>Quorum sensing</i>, sebagai mekanisme penting dalam komunikasi seluler bakteri melalui sinyal kimia, memiliki peran krusial dalam mengatur pembentukan <i>biofilm</i> oleh bakteri oral di dalam plak gigi. <i>Biofilm</i>, sebuah lapisan mikroorganisme yang menempel pada permukaan gigi, menjadi faktor utama dalam terbentuknya plak gigi dan masalah kesehatan mulut lainnya. <i>Quorum sensing</i> tidak hanya bertanggung jawab dalam mengkoordinasikan perilaku bakteri dalam <i>biofilm</i>, termasuk produksi matriks ekstraseluler yang menguatkan struktur <i>biofilm</i> dan melindungi bakteri di dalamnya, tetapi juga mempengaruhi virulensi bakteri dan resistensi terhadap antimikroba. Plak gigi sendiri disebabkan oleh akumulasi bakteri dan sisa makanan pada gigi yang tidak teratur dibersihkan, yang kemudian berkembang menjadi <i>biofilm</i> yang mampu merusak gigi, gusi, dan jaringan sekitarnya jika tidak ditangani. Untuk mengatasi plak gigi dan mencegah pembentukan <i>biofilm</i> yang merugikan, disarankan untuk menjaga kebersihan mulut dengan menyikat gigi secara teratur, mengurangi asupan gula dan karbohidrat yang dapat menjadi sumber nutrisi bagi bakteri, mengunjungi dokter gigi secara rutin untuk pembersihan gigi profesional dan pemeriksaan kesehatan mulut,</p>

Sumber	Tipe Penelitian dan Metode	Hasil
		serta menggunakan obat kumur atau pasta gigi yang mengandung bahan antimikroba untuk membantu mengontrol pertumbuhan bakteri.
<p><i>Understanding the microbial components of periodontal diseases and periodontal treatment-induced microbiological shifts, Journal of Medical Microbiology,</i></p> <p>Ioannis Fragkioudakis, Marcello P. Riggio and Danae Anastasia Apatzidou. (2021)</p>	<p>Metode penelitian untuk mengevaluasi efek pengobatan mekanis dan antimikroba pada pasien dengan periodontitis refraktori dibandingkan dengan pasien yang merespons baik terhadap pengobatan melibatkan desain studi perbandingan antara kedua kelompok, evaluasi pengobatan untuk memantau perubahan komunitas mikroba subgingival, serta analisis mikrobiologis dengan menggunakan teknik identifikasi mikroba yang memanfaatkan wilayah konservatif dan hipervariabel dari 16S rRNA spesies untuk memahami komunitas mikroba secara menyeluruh.</p>	<p><i>Quorum sensing</i> merupakan mekanisme komunikasi seluler yang digunakan oleh bakteri untuk berinteraksi di dalam suatu populasi, berperan dalam mengatur pertumbuhan bakteri serta produksi faktor-faktor virulensi yang berpengaruh pada pembentukan plak dan penyakit periodontal. Plak gigi terjadi ketika bakteri melekat pada permukaan gigi dan berkembang biak, dimungkinkan oleh kondisi seperti kebersihan mulut yang buruk dan pola makan yang kurang sehat. Untuk mencegah pembentukan plak gigi, dianjurkan menjaga kebersihan mulut dengan rutin menyikat gigi, menghindari konsumsi makanan tinggi gula, melakukan pemeriksaan gigi secara teratur, dan mengonsumsi makanan sehat guna mendukung kesehatan gigi dan gusi.</p>
<p><i>Urease and Dental Plaque Microbial Profiles in Children</i></p> <p>Evangelia Morou Bermudez, dkk. (2015)</p>	<p>Metode penelitian meliputi pengumpulan sampel plak gigi, analisis mikrobiom, identifikasi bakteri, dan evaluasi aktivitas urease. Pengumpulan sampel plak gigi dilakukan dari 44 anak sebagai bagian dari studi longitudinal mengenai karies gigi. Sampel-sampel ini kemudian dianalisis</p>	<p><i>Quorum sensing</i> memegang peran sentral dalam interaksi seluler bakteri dalam satu komunitas, dan dalam plak gigi, fungsinya sangat signifikan dalam mengendalikan pertumbuhan bakteri, pembentukan <i>biofilm</i>, dan aktivasi gen yang terkait dengan kemampuan virulensi. Bakteri dalam plak gigi menggunakan mekanisme <i>quorum sensing</i> untuk menyelaraskan aktivitas mereka, termasuk produksi enzim seperti urease, yang memiliki dampak besar</p>

Sumber	Tipe Penelitian dan Metode	Hasil
	<p>menggunakan pendekatan metagenomik untuk mengidentifikasi komposisi bakteri dan aktivitas urease.</p>	<p>pada lingkungan mulut dan kesehatan gigi secara keseluruhan. Plak gigi, yang disebabkan oleh penumpukan bakteri dan sisa makanan di permukaan gigi, merupakan faktor utama yang berkontribusi pada masalah kerusakan gigi dan penyakit gusi seperti gingivitis dan periodontitis. Kebiasaan makan yang tidak sehat, kurangnya kebersihan mulut, dan kurangnya perawatan gigi secara teratur juga bisa meningkatkan risiko terjadinya plak gigi. Untuk mengurangi dan mengatasi masalah plak gigi, disarankan untuk menjaga kebersihan mulut dengan rutin menyikat gigi, menggunakan benang gigi atau obat kumur antiseptik, membatasi konsumsi makanan dan minuman yang tinggi gula, rutin berkonsultasi dengan dokter gigi, dan mengonsumsi makanan yang mendukung kesehatan gigi dan gusi.</p>
<p><i>Microbial Interactions in Oral Communities Mediate Emergent Biofilm Properties</i> P.I. Diaz and A.M. Valm (2020)</p>	<p>Analisis metagenomik, metatranskriptomik, dan <i>Fluoresensi In Situ Hybridization</i> (FISH), untuk mempelajari struktur komunitas mikroba, perubahan genetik dan ekspresi gen, serta interaksi fisik dan kimia antara mikroba.</p>	<p><i>Quorum sensing</i>, sebuah mekanisme vital dalam komunikasi kimia antara mikroorganisme, memfasilitasi interaksi, regulasi perilaku kolektif, dan koordinasi aktivitas dalam populasi mikroba. Pada konteks plak gigi, peran <i>quorum sensing</i> menjadi sangat penting dalam mengontrol pembentukan <i>biofilm</i> oleh mikroorganisme oral, yang memiliki peranan signifikan dalam melindungi mereka dari pengaruh lingkungan dan tindakan terapeutik. Plak gigi, yang terbentuk akibat akumulasi bakteri dan mikroorganisme pada permukaan gigi, dipicu oleh konsumsi makanan tinggi gula dan karbohidrat. Untuk menanggulangi plak gigi, menjaga kebersihan mulut</p>

Sumber	Tipe Penelitian dan Metode	Hasil
		<p>dengan rajin menyikat gigi dan menggunakan benang gigi sangat penting. Penggunaan mouthwash yang mengandung antiseptik juga bisa membantu mengurangi jumlah bakteri dalam mulut serta mencegah terbentuknya plak. Selain itu, rutin berkonsultasi dengan dokter gigi untuk pemeriksaan secara teratur dapat membantu mendeteksi dan menangani masalah plak gigi sedini mungkin.</p>
<p><i>Effects of fluoride and calcium phosphate-based varnishes on pH, lactic acid, and trace elements in saliva: a randomized clinical trial.</i></p> <p>Andrea Poza Pascual, dkk (2020)</p>	<p>Pemeriksaan klinis dan intervensi, pengumpulan sampel air liur, pemberian instruksi kebersihan mulut dan nasihat diet kepada partisipan, serta pengelompokan pasien ke dalam kelompok kontrol dan kelompok perlakuan untuk analisis statistik seperti uji t dan uji Wilcoxon</p>	<p><i>Quorum sensing</i>, sebagai proses komunikasi seluler antar bakteri dalam satu kelompok, memiliki peran penting dalam mengontrol pembentukan <i>biofilm</i> pada permukaan gigi, yang merupakan lapisan mikroorganisme penyebab plak gigi. Pada pembentukan plak gigi, <i>quorum sensing</i> memfasilitasi koordinasi aktivitas bakteri dalam <i>biofilm</i>, termasuk produksi enzim yang merusak gigi, seperti enzim yang menghasilkan asam dari karbohidrat dan menyebabkan kerusakan pada gigi. Faktor penyebab plak gigi meliputi asupan makanan tinggi gula dan karbohidrat, kurangnya kebersihan mulut, dan pertumbuhan bakteri di mulut. Untuk mengatasi plak gigi, langkah-langkah seperti menjaga kebersihan mulut dengan rutin menyikat gigi, menggunakan benang gigi untuk membersihkan sela-sela gigi, menghindari makanan dan minuman yang tinggi gula, berkonsultasi secara teratur dengan dokter gigi untuk pemeriksaan dan pembersihan profesional, serta menggunakan obat kumur yang mengandung bahan antimikroba dapat membantu</p>

Sumber	Tipe Penelitian dan Metode	Hasil
		mengurangi jumlah bakteri di dalam mulut.
<p><i>Antibiofilm efficacy of luteolin against single and dual species of Candida albicans and Enterococcus faecalis</i></p> <p>Yuting Fu, Wenjing Wang, Qiao Zeng, Ting Wang and Weidong Qian (2021)</p>	<p>Metode penelitian tentang efek <i>antibiofilm</i> luteolin terhadap <i>Candida albicans</i> dan <i>Enterococcus faecalis</i> mencakup penggunaan <i>Confocal Laser Scanning Microscopy</i> (CLSM) untuk visualisasi <i>biofilm</i> dan evaluasi efek luteolin, dengan pewarna seperti SYTO 9 dan PI untuk membedakan sel hidup dan mati. Pengukuran adhesi sel dilakukan dengan memeriksa adhesi sel pada penutup kaca menggunakan CLSM dan menghitung jumlah sel yang melekat setelah mencuci <i>biofilm</i>. Pengukuran difusi antibiotik dilakukan menggunakan Gatifloxacin dan CLSM untuk mengevaluasi kemampuan difusi antibiotik dalam <i>biofilm</i> di bawah pengaruh luteolin. Bakteri yang digunakan meliputi <i>Candida albicans</i> SC5314, <i>Enterococcus faecalis</i> 20033, serta kultur campuran keduanya, yang dikultur dalam media yang sesuai untuk pembentukan <i>biofilm</i>.</p>	<p><i>Quorum sensing</i> merupakan mekanisme komunikasi seluler yang digunakan oleh bakteri untuk berinteraksi dan mengatur perilaku kolektif, termasuk pembentukan <i>biofilm</i>, sebuah lapisan bakteri yang menempel pada permukaan seperti gigi, yang dapat menyebabkan plak gigi. Plak gigi terbentuk karena akumulasi bakteri pada permukaan gigi yang tidak dibersihkan secara teratur, yang kemudian membentuk <i>biofilm</i> yang melekat kuat pada gigi dan gusi, menyebabkan peradangan dan kerusakan gigi. Untuk mencegah pembentukan plak gigi, disarankan menjaga kebersihan gigi dengan menyikat gigi setidaknya dua kali sehari dan menggunakan benang gigi secara teratur, menghindari konsumsi makanan dan minuman tinggi gula, mengunjungi dokter gigi secara teratur untuk pemeriksaan dan membersihkan plak yang sulit dijangkau, menggunakan obat kumur atau pasta gigi yang mengandung bahan antimikroba, serta memperhatikan pola makan dan gaya hidup sehat untuk mendukung kesehatan gigi dan mulut secara keseluruhan.</p>
<p><i>Presence of periodontal pathogenic bacteria in</i></p>	<p>Penelitian ini menerapkan metode metagenomik</p>	<p><i>Quorum sensing</i> adalah sistem komunikasi yang digunakan oleh</p>

Sumber	Tipe Penelitian dan Metode	Hasil
<p><i>blood of patients with coronary artery disease</i></p> <p>Zuray Corredor, Andrés Suarez-Molina, Cristian Fong, Laura Cifuentes-C1 & Sandra Guauque-Olarte (2022)</p>	<p>untuk menganalisis mikroorganisme oral pada sampel darah individu dengan dan tanpa penyakit arteri koroner (CAD), digunakan beberapa teknik khusus. metagenomik memungkinkan analisis komunitas mikroba dalam sampel kompleks tanpa perlu kultur. Peneliti menggunakan sekuensing gen 16S rRNA untuk mengidentifikasi spesies bakteri oral secara kultur-independen, dan teknologi sekuensing generasi berikutnya untuk memprofilkan komunitas bakteri dengan sekuensing gen 16S rRNA atau seluruh genom dalam sampel</p>	<p>bakteri untuk berinteraksi dan mengatur perilaku mereka berdasarkan kepadatan populasi sel, yang berperan penting dalam pembentukan <i>biofilm</i> di permukaan gigi yang menyebabkan plak. Melalui mekanisme ini, bakteri dalam <i>biofilm</i> dapat berkomunikasi dan mengatur produksi faktor-faktor virulensi untuk mempertahankan <i>biofilm</i> dan merusak jaringan gigi. Dengan pemahaman lebih mendalam tentang mekanisme <i>quorum sensing</i>, peneliti dapat mengembangkan strategi pencegahan plak yang bertujuan untuk mengganggu komunikasi bakteri dan menghambat pembentukan <i>biofilm</i>, seperti melalui pengembangan senyawa atau teknologi baru yang secara spesifik menargetkan sinyal <i>quorum sensing</i> bakteri.</p>
<p><i>Oral Biofilms from Symbiotic to Pathogenic Interactions and Associated Disease – Connection of Periodontitis and Rheumatic Arthritis by Peptidylarginine Deiminase</i></p> <p>Kriebel, K., Hieke, C., Müller-Hilke, B. dkk.(2018)</p>	<p>Penelitian dilakukan di laboratorium BM-H yang didukung oleh pendanaan internal (FORUM 889023), serta pendanaan JSPS KAKENHI (nomor hibah 15KK0306) untuk pekerjaan MN.</p>	<p>Penelitian ini menunjukkan adanya potensi hubungan antara protobiont oral, periodontitis, dan <i>rheumatoid arthritis</i>. Penelitian ini mengeksplorasi peran mikrobiota oral dalam membentuk sumbu pro-inflamasi dari jaringan sitokin dan keterlibatan faktor kerentanan genetik/lingkungan, sitrulinasi, dan jaringan sitokin dalam hubungan timbal balik antara penyakit periodontal dan <i>rheumatoid arthritis</i></p>
<p><i>The immunomodulating role of probiotics</i></p>	<p>Metode yang digunakan dalam artikel ini meliputi studi eksperimental dan klinis tentang</p>	<p><i>Quorum sensing</i> merupakan mekanisme penting yang dimanfaatkan oleh bakteri untuk berinteraksi dan mengendalikan</p>

Sumber	Tipe Penelitian dan Metode	Hasil
<p><i>in the prevention and treatment of oral diseases</i></p> <p>Marta Kaźmierczyk-Winciorek, Małgorzata Nędzi-Góra, Sylwia Małgorzata Słotwińska (2021)</p>	<p>kemungkinan penggunaan mikroorganisme yang ada dalam produk makanan dan yang merupakan bagian dari mikrobioma alami manusia, dengan penekanan khusus pada lingkungan saluran pencernaan dan mikroorganisme yang hidup di rongga mulut.</p>	<p>perilaku bersama mereka berdasarkan jumlah bakteri dalam populasi. Dalam lingkungan plak gigi, <i>quorum sensing</i> memainkan peran utama dalam mengatur pembentukan <i>biofilm</i> bakteri di permukaan gigi. Bakteri di dalam plak gigi menggunakan <i>quorum sensing</i> untuk mengkoordinasikan produksi enzim dan faktor virulensi, yang meningkatkan ketahanan <i>biofilm</i> dan mengurangi kemampuan membersihkan plak. Penyebab terbentuknya plak gigi adalah akumulasi makanan, bakteri, dan saliva yang mengeras menjadi <i>biofilm</i> di permukaan gigi, yang jika tidak dihilangkan secara teratur dapat menyebabkan kerusakan gigi, karies, dan masalah kesehatan gusi. Untuk mencegah plak gigi, tindakan pencegahan penting meliputi menjaga kebersihan gigi dengan menyikat gigi secara teratur, menggunakan benang gigi atau sikat interdental untuk membersihkan sela-sela gigi, mengurangi konsumsi makanan dan minuman manis yang dapat mempercepat pertumbuhan plak, dan menjalani pemeriksaan gigi secara rutin serta membersihkan plak secara profesional oleh dokter gigi.</p>
<p><i>Intermicrobial interactions as a driver for community composition and stratification of oral biofilms</i></p> <p>Nicholas S. Jakubovics (2015)</p>	<p>Metode yang digunakan dalam artikel ini mencakup berbagai pendekatan, termasuk Analisis komunitas mikroba dalam plak gigi menggunakan teknik seperti analisis sekuensing DNA, biologi komputasional, dan pendekatan in vitro untuk</p>	<p>Komunitas mikroba dalam plak gigi, menggunakan berbagai teknik modern seperti analisis sekuensing DNA, biologi komputasional, dan pendekatan in vitro untuk mempelajari interaksi antar mikroba. Dengan teknik ini penelitian dapat memberikan wawasan mendalam tentang komunitas mikroba dalam plak gigi, interaksi antar mikroba,</p>

Sumber	Tipe Penelitian dan Metode	Hasil
	mempelajari interaksi antar mikroba. Selain itu, teknik seperti <i>Fluorescence In Situ Hybridization</i> (FISH) juga digunakan untuk identifikasi taxa mikroba dalam plak gigi.	dan implikasinya terhadap kesehatan gigi dan penyakit periodontal.

Berdasarkan hasil *literature review* didapatkan bahwa *Quorum sensing* memainkan peran penting dalam plak gigi dengan memungkinkan mikroba untuk berkomunikasi, berkoordinasi, dan mengatur aktivitas biologis tertentu dalam respons terhadap lingkungan sekitarnya dan faktor-faktor penyebab plak gigi beserta cara menanganinya. Beberapa artikel hasil *literature review* juga menjelaskan secara terperinci tentang peran *Quorum sensing* dalam komunikasi plak gigi dengan mikroba.

3.1 Quorum Sensing

Quorum sensing adalah mekanisme penting dalam interaksi mikroba dalam lingkungan oral, menggunakan analisis metagenomik, metatranskriptomik, dan teknik fluoresensi in situ hybridization (FISH) untuk mempelajari struktur komunitas mikroba, perubahan genetik, ekspresi gen, serta interaksi fisik dan kimia antara mikroba dalam lingkungan oral (Diaz, 2020). Perubahan dalam kondisi ini dapat memodifikasi ekspresi gen dan perilaku kolektif bakteri, yang berkonsekuensi pada pembentukan *biofilm* dan tingkat virulensi bakteri di rongga mulut. Jakobovics (2015) juga menambahkan bahwa pendekatan modern seperti analisis sekuensing DNA, biologi komputasional, dan pendekatan in vitro digunakan untuk memahami interaksi antar mikroba dalam komunitas mikroba dalam plak gigi. Penelitian yang dilakukan oleh Diaz (2020), Fu (2021), dan Jakobovics (2015) mencerminkan kompleksitas *quorum sensing* dalam menjalin komunikasi antar bakteri di dalam plak gigi. Mereka menekankan bahwa faktor lingkungan seperti pH dan ketersediaan nutrisi dapat mempengaruhi bagaimana sensasi quorum beroperasi, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi struktur komunitas mikroba dan ketahanan mereka terhadap berbagai gangguan.

Interaksi antar bakteri dalam plak gigi melibatkan berbagai mekanisme, termasuk pertukaran sinyal kimia, persaingan, dan kerja sama. Salah satu mekanisme komunikasi utama di antara komunitas bakteri plak gigi adalah produksi dan respons terhadap sinyal molekuler seperti quorum sensing, yang memfasilitasi interaksi dan regulasi perilaku kolektif bakteri tersebut. Komunikasi antar bakteri dalam plak gigi terutama didasarkan pada pertukaran sinyal kimia seperti peptida, enzim, dan metabolit, yang merupakan mekanisme komunikasi paling berpengaruh di antara komunitas bakteri ini. Mekanisme komunikasi yang dominan di antara bakteri dalam plak gigi adalah pertukaran sinyal kimia melalui molekul *quorum sensing* seperti autoinducer-2. Sinyal kimia ini memungkinkan bakteri untuk berkolaborasi dalam membentuk *biofilm*, mempengaruhi respon inang, dan berkontribusi terhadap perkembangan penyakit periodontal (Kriebel, 2018). Bakteri *Streptococcus mutans* mengeluarkan sinyal kimia yang merangsang pertumbuhan bakteri lain, seperti *Actinomyces naeslundii*, yang pada gilirannya mendukung pembentukan *biofilm* gigi oleh *S. mutans* merupakan contoh dari komunikasi

bakteri yang menjadi pertukaran sinyal kimia yang memfasilitasi koordinasi aktivitas antar bakteri dalam pembentukan *biofilm* (Kriebel, 2018; Diaz, 2020).

Adanya pemahaman yang mendalam tentang *quorum sensing* dan interaksi mikroba, dapat menjadikan pengidentifikasian mekanisme komunikasi yang terjadi di dalam *biofilm* gigi dan implikasinya terhadap kesehatan gigi dan mulut secara keseluruhan menjadi lebih baik. Selain itu juga berdampak pada strategi intervensi yang lebih efektif untuk mengatur komunitas mikroba dalam plak gigi, yang pada akhirnya akan berkontribusi pada peningkatan kesehatan gigi dan mulut secara keseluruhan.

3.2 Peran *Quorum sensing*

Peran utama *quorum sensing* dalam plak gigi mencakup regulasi produksi asam laktat, bahwa *quorum sensing* mengatur produksi asam laktat oleh bakteri dalam plak gigi (Fu, 2021). Asam laktat adalah faktor utama dalam pembentukan kerusakan gigi (karies) karena dapat merusak enamel gigi. *Quorum sensing* juga berperan dalam koordinasi pembentukan *biofilm*, yang memungkinkan mikroba untuk berkoloni dan membentuk *biofilm* dalam plak gigi, memberikan perlindungan bagi mikroba dari faktor lingkungan eksternal dan interaksi dengan sistem kekebalan tubuh. Selain itu, *quorum sensing* juga memfasilitasi interaksi sinergis antara mikroba dalam plak gigi, yang dapat mempengaruhi perkembangan penyakit gigi dan penyakit periodontal (Morou-Bermudez, 2015; Pascual, 2020).

Peran *quorum sensing* yang telah dijelaskan dapat mengakibatkan plak gigi terbentuk pada gigi dan menyebabkan gigi rusak, Plak gigi adalah endapan lunak yang terstruktur, padat, berwarna kekuningan, tidak terkalsifikasi, dan menempel erat pada permukaan gigi serta permukaan keras lainnya di dalam mulut. Karena plak agak sulit terlihat, maka diperlukan larutan pewarna khusus yang disebut *disclosing solution* untuk mengidentifikasinya (Yulianti, 2020). Menurut Fu (2021), berbagai faktor lingkungan sangat berpengaruh pada interaksi antar bakteri. Pada plak gigi, bakteri berperan penting dalam memproduksi asam laktat, yang merupakan faktor utama penyebab kerusakan gigi. Selain itu, pH lingkungan, ketersediaan nutrisi, dan interaksi dengan spesies bakteri lain juga berdampak signifikan terhadap komunikasi bakteri di dalam plak gigi. Selain faktor-faktor di atas, jarangnyanya menyikat gigi, penggunaan alat sikat gigi yang tidak sesuai, efek samping pengobatan kanker dengan radioterapi atau kemoterapi di area leher atau kepala, serta efek samping obat-obatan tertentu seperti dekongestan dan antihistamin juga menjadi penyebab munculnya karang gigi (Kazmierczyk-Winciorek, 2021).

3.3 Penyebab *Quorum Sensing*

Quorum sensing terjadi ketika bakteri dalam plak gigi menghasilkan sinyal molekuler yang disebut *autoinducer*, yang terakumulasi di lingkungan sekitar mereka. Saat konsentrasi *autoinducer* mencapai ambang tertentu, bakteri merespons dengan mengatur perilaku koloni, termasuk pembentukan *biofilm*. Sehingga bakteri dalam plak gigi memanfaatkan *quorum sensing* untuk berkomunikasi dan mengontrol perilaku koloni mereka (Kriebel, 2018). Falsetta (2014) menambahkan bahwa *quorum sensing* dapat dipicu oleh berbagai sebab, termasuk kepadatan populasi mikroorganisme, konsentrasi molekul sinyal, serta kondisi fisik lingkungan seperti suhu dan pH. *Quorum sensing* juga terjadi ketika bakteri memproduksi, melepaskan, mengidentifikasi, dan merespons molekul sinyal seperti N-acyl-homoserine lactones (AHLs) pada bakteri gram-negatif dan oligopeptida pada bakteri gram-positif (Rezaei, 2023). Mekanisme ini memungkinkan komunikasi antar bakteri yang, setelah mencapai kepadatan populasi tertentu, mengakibatkan akumulasi molekul sinyal dan memicu regulasi ekspresi gen serta koordinasi perilaku kolektif seperti pembentukan *biofilm* dan produksi faktor virulensi.

Penemuan ini mengungkapkan kompleksitas hubungan antara mikroba di dalam mulut dan bagaimana sifat fisik serta kimia dapat mempengaruhi perilaku bakteri. Pemahaman tentang mekanisme ini memungkinkan pengembangan intervensi baru untuk mengontrol pertumbuhan *biofilm* dan mencegah penyakit terkait plak gigi. Hal ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk lebih memahami variabilitas dan regulasi *quorum sensing* dalam berbagai kondisi lingkungan. Secara keseluruhan, *quorum sensing* adalah komponen penting dalam ekologi mikroba mulut, dengan potensi besar untuk meningkatkan kesehatan gigi melalui pendekatan yang lebih fokus pada interaksi mikroba.

3.4 Pencegahan dan Pengobatan Plak Gigi

Cara menjaga gigi yang efektif diantaranya yaitu dengan membersihkan gigi dua kali sehari, menggunakan benang gigi secara teratur, dan menjalani pemeriksaan rutin ke dokter gigi, dapat menjaga kesehatan gigi yang optimal (Morou-Bermudez, 2015). Corredor (2022) menambahkan bahwa penggunaan varnis yang mengandung *fluoride* dan kalsium fosfat untuk memelihara kesehatan gigi dan mengontrol tingkat pH merupakan langkah yang penting dalam perawatan gigi. Yulianti (2020) menyampaikan bahwa kontrol plak adalah salah satu tindakan penting untuk memelihara kebersihan rongga mulut yang dapat dilakukan secara mekanis dengan menyikat gigi dua kali sehari dan menggunakan *dental floss* untuk membersihkan plak penyebab penyakit periodontal dan karies, serta secara kimiawi dengan berkumur menggunakan obat kumur yang mengandung bahan antibakteri atau antiseptik seperti chlorhexidine dan alcohol. Namun penggunaan jangka panjang bahan kimia ini dapat menyebabkan efek samping seperti diskolorisasi gigi, gangguan pengecapan, dan risiko kanker mulut. Apabila gigi terlambat dicegah sehingga mengalami kerusakan, maka harus melakukan perawatan gigi profesional, yang termasuk melakukan pembersihan plak/karang gigi (*scaling*) minimal 6 bulan sekali, mengobati gigi yang mengalami kerusakan dengan penambalan, dan merawat akar gigi dengan cara mencabutnya, merupakan langkah penting dalam menjaga kesehatan gigi dan mulut.

4 KESIMPULAN

Komunikasi antar bakteri dalam plak gigi melibatkan proses kunci seperti *quorum sensing*, yang mempengaruhi pembentukan *biofilm* dan respons tubuh. Bakteri seperti *Streptococcus mutans* memiliki peran penting dalam menghasilkan asam laktat di plak gigi, yang bisa merusak enamel gigi dan menyebabkan karies. Faktor-faktor seperti jenis bakteri, nutrisi yang tersedia, dan kondisi lingkungan mempengaruhi interaksi bakteri dalam plak gigi, yang dapat mengubah komposisi dan aktivitas komunitas bakteri. Penyebab terbentuknya plak gigi termasuk sisa makanan yang menempel, kebiasaan mengunyah, penurunan produksi air liur, dan teknik menyikat gigi yang tidak benar. Tindakan pencegahan dan pengobatan gangguan kesehatan gigi termasuk menjaga kebersihan mulut, mengurangi konsumsi makanan berisiko, berkonsultasi secara teratur dengan dokter gigi, dan menghindari kebiasaan yang merugikan. Apabila terjadi masalah gigi, langkah-langkah pengobatan seperti perawatan karies, perawatan saluran akar, pencabutan gigi, perawatan periodontal, perawatan ortodontik, dan penggunaan gigi palsu bisa dilakukan. Hasil dari studi literatur ini memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu di bidang kesehatan gigi, dengan menyediakan wawasan yang lebih mendalam untuk penelitian lanjutan. Melalui analisis dan sintesis literatur yang mendalam, studi ini tidak hanya memperkaya pengetahuan yang ada tetapi juga membuka peluang untuk inovasi dan aplikasi praktis yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Corredor, Z., Suarez-Molina, A., Fong, C., Cifuentes-C, L., & Guauque-Olarte, S. (2022). Presence of periodontal pathogenic bacteria in blood of patients with coronary artery disease. *Scientific reports*, *12*(1), 1241.
- Diaz, P. I., & Valm, A. M. (2020). Microbial interactions in oral communities mediate emergent *biofilm* properties. *Journal of Dental Research*, *99*(1), 18-25.
- Du, Qian., Ren, B., Zhou, X., Zhang, L., & Xu, X. (2022). Cross-kingdom interaction between *Candida albicans* and oral bacteria. *Frontiers in Microbiology*, *13*, 911623.
- Falsetta, M. L., & Koo, H. (2014). Beyond mucosal infection: a role for *C. albicans*-Streptococcal interactions in the pathogenesis of dental caries. *Current Oral Health Reports*, *1*, 86-93.
- Fragkioudakis, I., Riggio, M. P., & Apatzidou, D. A. (2021). Understanding the microbial components of periodontal diseases and periodontal treatment-induced microbiological shifts. *Journal of Medical Microbiology*, *70*(1), 001247.
- Fu, Y., Wang, W., Zeng, Q., Wang, T., & Qian, W. (2021). Antibiofilm efficacy of luteolin against single and dual species of *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *Frontiers in Microbiology*, *12*, 715156.
- Jakubovics, N. S. (2015). Intermicrobial interactions as a driver for community composition and stratification of oral *biofilms*. *Journal of molecular biology*, *427*(23), 3662-3675.
- Kaźmierczyk-Winciorek, M., Nędzi-Góra, M., & Słotwińska, S. M. (2021). The immunomodulating role of probiotics in the prevention and treatment of oral diseases. *Central European Journal of Immunology*, *46*(1), 99-104.
- Kriebel, K., Hieke, C., Nakata, M., & Kreikemeyer, B. (2018). Oral *biofilms* from symbiotic to pathogenic interactions and associated disease—connection of periodontitis and rheumatic arthritis by peptidylarginine deiminase. *Frontiers in microbiology*, *9*, 335694.
- Morou-Bermudez, E., Rodriguez, S., Bello, A. S., & Dominguez-Bello, M. G. (2015). Urease and dental plaque microbial profiles in children. *PloS one*, *10*(9), e0139315.
- Pascual, A. P., Muñoz, C. S., Silva, A. P., Martínez-Beneyto, Y., & Ruiz, A. J. O. (2020). Effects of fluoride and calcium phosphate-based varnishes on pH, lactic acid, and trace elements in saliva: a randomized clinical trial. *Research square*. <http://dx.doi.org/10.21203/rs.3.rs-33730/v1>
- Rezaei, T., Mehramouz, B., Gholizadeh, P., Yousefi, L., Ganbarov, K., Ghotaslou, R., ... & Kafil, H. S. (2023). Factors associated with *Streptococcus mutans* pathogenicity in the oral cavity. *Biointerface Res Appl Chem*, *13*(4), 368.
- Yulianti, Sheila, Syahdania. (2020). Efektivitas Ekstrak Daun Sirih Merah (*Piper Crocatum*) Dalam Menghambat Pertumbuhan *Streptococcus Sanguinis* (Skripsi). Cimahi: Fakultas Kedokteran, Jenderal Achmad Yani.