

**MENJELAJAH ANGKA, MEMBACA MASA DEPAN:  
PERAN EPIDEMIOLOGI DAN BIostatISTIKA DI ERA  
KEDOKTERAN GIGI PRESISI**



**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar  
dalam Bidang Epidemiologi dan Biostatistika Kedokteran Gigi  
pada Fakultas Kedokteran Gigi  
Universitas Gadjah Mada**

**Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar  
Universitas Gadjah Mada  
Tanggal 24 Juni 2025**

**Oleh:  
Prof. Dr. drg. Rosa Amalia, M.Kes**

*Assalamualaikum Wr Wb*  
*Shalom*  
*Om swastiastu Namu buddaya*  
Salam kebajikan,

Yang kami hormati,  
Ketua, Sekretaris dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas  
Gadjah Mada;  
Ketua, Sekretaris dan Anggota Senat Akademik Universitas Gadjah  
Mada;  
Ketua, Sekretaris dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Gadjah  
Mada;  
Rektor dan para Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada;  
Dekan dan para wakil Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas  
Gadjah Mada  
Ketua, Sekretaris dan Anggota Senat Fakultas Kedokteran Gigi  
Universitas Gadjah Mada;  
Ketua Departemen, Ketua dan Sekretaris Program Studi Fakultas  
Kedokteran Gigi Universitas Gadjah Mada;  
Para staf pengajar, tenaga kependidikan, mahasiswa dan Segenap  
sivitas akademika Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gadjah  
Mada;  
Para tamu undangan, kolega, teman sejawat dan keluarga yang saya  
cintai serta seluruh hadirin tamu undangan yang berbahagia dan  
saya muliakan.

*Selamat siang dan salam sejahtera bagi kita semua,*  
*Alhamdulillahirabbil'amin,* segala puji bagi Allah Swt yang  
telah melimpahkan rahmat, nikmat, dan kesehatan, sehingga pada hari  
yang penuh berkah ini kita dapat berkumpul untuk bersama-sama  
menyelami tema yang selaras dengan perkembangan modern yaitu  
kedokteran gigi presisi yang berbasis empat pilar yaitu *Predictive,*  
*Preventive, Personalized, and Participatory (P4) medicine.*

*Yang saya hormati, Ketua Sidang, serta hadirin yang saya muliakan,*

Dengan penuh rasa syukur dan kerendahan hati, perkenankan saya menyampaikan pidato saya yang berjudul:

### **Menjelajah Angka, Membaca Masa Depan: Peran Epidemiologi dan Biostatistika Di Era Kedokteran Gigi Presisi**

Tema ini dipilih karena merupakan bahasan terkini di bidang kesehatan dimana mencerminkan pergeseran ilmu kedokteran dari pendekatan kuratif menuju model yang berbasis data dan berorientasi pada pencegahan serta individualisasi layanan. Epidemiologi dan biostatistika menjadi fondasi dalam menganalisis data populasi dan individu, memungkinkan identifikasi risiko lebih dini, perencanaan intervensi yang tepat, dan keterlibatan aktif pasien. Judul ini merangkum peran strategis analisis data dalam membentuk masa depan pelayanan kesehatan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

*Bapak Ibu hadirin yang saya hormati,*

Epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari kejadian, distribusi, dan faktor penyebab suatu masalah kesehatan atau penyakit. Penyakit ini dapat berupa penyakit menular maupun tidak menular pada populasi tertentu. Ilmu epidemiologi digunakan untuk mengendalikan masalah kesehatan di masyarakat. Sementara itu, Biostatistika adalah penerapan ilmu statistika di bidang biologi dan kesehatan. Biostatistika mencakup kegiatan mengumpulkan, menganalisis, dan menafsirkan data mentah. Hasilnya digunakan untuk menghasilkan informasi yang bermakna dalam konteks kesehatan.<sup>1</sup> Epidemiologi dan biostatistika merupakan dua bidang ilmu yang sangat erat kaitannya. Epidemiologi menyediakan kerangka kerja untuk mempelajari masalah kesehatan, sementara biostatistika menjadi instrumen utama dalam menganalisis data yang dikumpulkan melalui studi epidemiologi. Tanpa biostatistika, data epidemiologi akan sulit dimaknai secara tepat dan tidak dapat digunakan untuk menghasilkan kesimpulan yang valid. Dalam konteks kesehatan masyarakat, kedua ilmu ini secara integratif berperan untuk memahami pola penyakit, mengevaluasi efektivitas intervensi kesehatan, dan membuat keputusan berdasarkan bukti ilmiah.

Dalam sejarah panjang kedokteran gigi, epidemiologi berperan dalam mengidentifikasi faktor risiko penyakit gigi seperti karies, yang merupakan salah satu penyakit tidak menular dengan prevalensi tinggi di dunia.<sup>2</sup> Beberapa studi epidemiologi memiliki arti penting dalam upaya menurunkan angka karies di berbagai negara; contohnya adalah program fluoridasi air minum yang bermula dari temuan rendahnya angka karies di daerah dengan kandungan fluorida alami, serta rekomendasi penggunaan pasta gigi berfluorida yang terbukti efektif dalam menurunkan kejadian karies.<sup>3</sup> Selain itu, bukti kuat mengenai hubungan antara konsumsi gula dan karies mendorong regulasi terhadap makanan tinggi gula, khususnya untuk anak-anak.<sup>4,5</sup>

Secara khusus di Indonesia, berbagai studi epidemiologi telah memberikan gambaran mengenai tingginya beban karies pada anak-anak, ketimpangan status kesehatan gigi antar wilayah, serta pentingnya integrasi promosi kesehatan gigi dalam program nasional, seperti Usaha Kesehatan Gigi Sekolah (UKGS).<sup>6,7</sup> Hasil studi tersebut dapat digunakan untuk menyusun kebijakan kesehatan gigi berbasis bukti serta mengevaluasi efektivitas program pencegahan dan intervensi yang telah dijalankan.

Saat ini kemajuan ilmu dan teknologi telah membawa Kedokteran Gigi jauh dari ilmu konvensional dan menuju era baru kedokteran gigi presisi (*precision dentistry*) yang didukung oleh konsep *P4 medicine* (*Predictive, Preventive, Personalized, and Participatory*) dalam praktik kedokteran gigi.<sup>8</sup> Walau demikian, peran epidemiologi dan biostatistika tetap menjadi fondasi utama dalam mengarahkan pemanfaatan konsep ini secara ilmiah dan terstruktur. Epidemiologi berperan dalam mengidentifikasi determinan risiko spesifik pada populasi maupun individu, memetakan variasi genetik, lingkungan, dan gaya hidup yang memengaruhi status kesehatan gigi. Sementara itu, biostatistika memungkinkan analisis kompleks terhadap data besar (*big data*)— termasuk data genomik, proteomik, dan data longitudinal untuk menemukan pola, mengembangkan model prediktif, dan menetapkan stratifikasi risiko berbasis bukti. Tanpa kerangka epidemiologi yang kuat dan analisis biostatistik yang akurat, penerapan kedokteran gigi presisi berisiko menghasilkan bias, kesalahan klasifikasi, atau rekomendasi klinis yang tidak valid. Integrasi epidemiologi dan

biostatistika menjadi elemen vital dalam memastikan bahwa inovasi berbasis teknologi di bidang kedokteran gigi tetap berakar pada prinsip validitas ilmiah dan keselamatan pasien.<sup>9</sup> Tanpa landasan epidemiologis yang kuat, pemanfaatan data dalam skala besar dan teknologi canggih sekalipun dapat menghasilkan interpretasi yang bias atau menyesatkan.

*Bapak Ibu hadirin yang kami muliakan,*

*P4 medicine* merupakan pendekatan inovatif dalam kedokteran, termasuk kedokteran gigi, yang bertujuan meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan melalui pemanfaatan data dan teknologi. Dalam konteks kedokteran gigi, *P4 dentistry* memungkinkan deteksi dini risiko penyakit gigi dan mulut (*predictive*), intervensi pencegahan yang lebih efektif seperti edukasi dan promosi kesehatan (*preventive*), perawatan yang disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan unik setiap pasien (*personalized*), serta mendorong keterlibatan aktif pasien dalam menjaga kesehatan mulutnya (*participatory*).<sup>10</sup> Pendekatan ini mendukung transformasi praktik kedokteran gigi dari model kuratif menjadi lebih proaktif dan berbasis data, sejalan dengan perkembangan ilmu dan teknologi kesehatan modern.

Secara konvensional, epidemiologi dan biostatistika memiliki peran penting. Keduanya digunakan untuk memetakan pola penyakit gigi dan mulut pada tingkat populasi. Ilmu ini juga membantu mengidentifikasi faktor risiko dan merancang intervensi kesehatan masyarakat yang efektif.<sup>11,12</sup> Pada era *P4 dentistry* tidak cukup hanya memahami data dalam skala besar, namun menuntut lebih dari itu. Saat ini, dibutuhkan kemampuan untuk memanfaatkan data yang lebih kompleks. Contohnya adalah data dari rekam medis elektronik, data molekuler, dan data surveilans berbasis populasi. Ilmu kedokteran gigi modern, dengan dukungan teknologi *omics* seperti genomik dan proteomik, pencitraan beresolusi tinggi, serta material bioaktif, menghasilkan volume data individual yang sangat besar dan kompleks.<sup>13,14,15</sup> Di sinilah epidemiologi dan biostatistika bertransformasi. Kemampuan untuk merancang studi dengan cermat, mengumpulkan data yang valid, serta menerapkan metode analisis yang tepat menjadi semakin esensial untuk mengurai kompleksitas data

individual. Biostatistika canggih memungkinkan identifikasi pola dan korelasi tersembunyi yang mungkin terlewatkan dalam pendekatan konvensional.

Penerapan prinsip *P4 dentistry* dalam praktik kedokteran gigi modern tercermin secara nyata melalui strategi deteksi dini karies yang berbasis risiko individu. Pendekatan ini mengintegrasikan berbagai jenis data, seperti riwayat medis, pola konsumsi makanan, profil mikrobiom oral, hingga informasi genetik pasien, sehingga memungkinkan prediksi risiko karies yang lebih akurat (*predictive*) dan pelaksanaan intervensi yang lebih dini serta disesuaikan dengan kebutuhan spesifik individu (*preventive* dan *personalized*). Sebagai bagian dari pengembangan ilmiah di bidang ini, kami telah menginisiasi penelitian terkait profil mikrobiom oral, mineral saliva dan pola konsumsi makanan pada anak-anak di Daerah Istimewa Yogyakarta, berkolaborasi dengan sejawat dari bidang Biomedika Kedokteran Gigi. Penelitian ini telah didanai melalui skema Simlitabmas tahun 2021 dengan judul “Novel Multi-Biomarker Saliva sebagai Alat Deteksi Faktor Risiko Karies”, dan berhasil mendapatkan dua paten. Biomarker saliva ini dirancang untuk terus dikembangkan sebagai kontribusi penting terhadap penguatan sistem deteksi dini karies yang lebih presisi dan berdampak luas dalam pelayanan kedokteran gigi berbasis P4.

Pada manajemen penyakit periodontal, pemanfaatan biomarker molekuler dan algoritma prediktif memungkinkan perencanaan terapi yang dipersonalisasi sesuai dengan tingkat inflamasi, faktor genetik, serta respons imun pasien.<sup>16</sup>

Pada setiap tahapan, keterlibatan aktif pasien dalam pengelolaan kondisi kesehatannya menjadi elemen kunci (*participatory*), sejalan dengan paradigma P4 yang menempatkan pasien sebagai mitra dalam proses perawatan berbasis bukti. Beberapa studi mutakhir di bidang kesehatan menjadi penyokong penting dalam pengembangan P4, di antaranya adalah studi biomolekuler (genomik dan biomarker) serta penerapan kedokteran gigi cerdas melalui kecerdasan buatan (*artificial intelligent/AI*) dan pembelajaran mesin (*machine learning/ML*). Studi genomik, khususnya, telah menjadi sorotan di tingkat global, termasuk di Indonesia.<sup>17,18</sup> Dalam bidang kedokteran gigi, studi genomik berperan mengidentifikasi variasi genetik yang terkait dengan

peningkatan risiko karies, penyakit periodontal, maloklusi, dan berbagai kondisi oral lainnya. Informasi genetik ini dapat dimanfaatkan untuk memprediksi kerentanan individu terhadap bentuk penyakit yang bersifat agresif maupun kronis. Dalam konteks ini, epidemiologi kedokteran gigi memegang peranan penting, yakni dengan menghubungkan temuan genetik tersebut dengan data populasi, serta mengidentifikasi faktor risiko lain yang bersifat lingkungan, perilaku, atau sosial.<sup>19</sup> Cabang ilmu seperti epidemiologi genomik memungkinkan integrasi antara data genetik dan data kesehatan masyarakat, sehingga dapat memetakan distribusi kerentanan genetik dalam populasi dan mendukung pengembangan kebijakan pencegahan berbasis risiko. Integrasi ini membuka jalan menuju *Predictive Dentistry*, dengan model-model prediktif yang dibangun dengan fondasi epidemiologi dan divalidasi secara statistik memungkinkan dokter gigi untuk mengidentifikasi pasien berisiko tinggi jauh sebelum manifestasi klinis muncul.

Studi lainnya yang mendukung pengembangan *P4 dentistry* adalah penelitian *biomarker saliva*, yang menawarkan pendekatan potensial untuk diagnosis dini penyakit gigi. Komponen dalam saliva seperti enzim, protein, dan DNA mencerminkan kondisi kesehatan mulut dan memberikan informasi tentang proses penyakit pada tingkat molekuler. Diagnosis dini dapat ditingkatkan dengan mengombinasikan data epidemiologi tentang faktor risiko populasi dengan analisis biomarker saliva. Sebagai contoh deteksi dini penyakit periodontal melalui identifikasi biomarker inflamasi sebelum munculnya gejala klinis.<sup>20</sup> Profil biomarker saliva sangat berpotensi mendukung *Preventive Dentistry* yang dipersonalisasi. Pemahaman mendalam tentang profil risiko individu memungkinkan intervensi pencegahan yang lebih tepat sasaran daripada pendekatan "*one size fits all*"; rencana pencegahan dapat disesuaikan berdasarkan pola genetik, mikrobioma oral, dan gaya hidup setiap pasien. Dalam konteks ini, epidemiologi menyediakan kerangka kerja penting untuk mengevaluasi efektivitas berbagai strategi pencegahan pada tingkat komunitas, termasuk pada subkelompok populasi yang berbeda.

Perkembangan pesat teknologi kecerdasan buatan (AI), *machine learning* (ML), dan *big data* telah membawa transformasi

besar dalam pendekatan terhadap penyakit gigi. Era ini dikenal sebagai Kedokteran Gigi Cerdas (*smart dentistry*), sebuah pendekatan yang menjanjikan peningkatan signifikan dalam pemahaman pola penyakit, deteksi dini, dan pengembangan intervensi yang lebih efektif.<sup>21</sup> Salah satu inovasi utama adalah pemanfaatan algoritma ML untuk mengembangkan model prediktif risiko penyakit gigi, baik pada tingkat individu maupun populasi. Dengan memanfaatkan algoritma ML, sistem dapat "belajar" dari data riil yang sangat besar dan beragam, termasuk riwayat medis pasien seperti frekuensi kunjungan ke dokter gigi, riwayat karies atau penyakit periodontal, serta kondisi kesehatan sistemik yang berkaitan. Selain itu, kebiasaan perilaku, seperti pola menyikat gigi, konsumsi makanan dan minuman bergula, serta penggunaan tembakau, juga dimasukkan ke dalam perhitungan model.<sup>22</sup> Lebih jauh lagi, model prediktif ini mampu mengintegrasikan faktor genetik, seperti kerentanan terhadap demineralisasi enamel atau respon imun terhadap patogen oral, yang sebelumnya sulit dianalisis dalam skala populasi. Ditambah dengan informasi kondisi sosial ekonomi seperti tingkat pendidikan, pendapatan, dan akses terhadap layanan kesehatan gigi, algoritma ML dapat mengenali pola risiko yang tersembunyi pada populasi tertentu.<sup>23</sup>

Selain itu, AI telah menunjukkan kapabilitas luar biasa dalam analisis data citra, khususnya dalam interpretasi radiografi gigi. Teknologi ini mampu mendeteksi karies, penyakit periodontal, maupun kelainan gigi lainnya dengan akurasi yang tinggi, bahkan dalam tahap yang sangat awal— sering kali sebelum gejala klinis muncul secara nyata. Kemampuan lain yang sangat menjanjikan adalah pengenalan pola oleh AI (*pattern recognition*).<sup>24</sup> Dalam konteks data kesehatan gigi yang besar dan sangat beragam, AI dapat mengidentifikasi pola tersembunyi yang tidak mudah dikenali. Misalnya, AI mampu mendeteksi keterkaitan antara frekuensi konsumsi makanan tinggi gula dengan pola distribusi karies di wilayah tertentu, atau menghubungkan kondisi sistemik seperti diabetes dengan progresi penyakit periodontal pada kelompok usia tertentu.<sup>25</sup>

Selain kapabilitas AI dalam analisis data klinis dan citra, sejatinya optimalisasi Teknologi ini sangat bergantung pada fondasi analitik yang kokoh. Disinilah biostatistika berperan penting dalam

memfasilitasi analisis data besar yang berasal dari berbagai sumber seperti catatan medis elektronik, survei populasi, data laboratorium, bahkan media sosial.<sup>26</sup> Pendekatan biostatistika memberikan kerangka kerja untuk menyaring, membersihkan, dan mengelola data sebelum digunakan dalam pemodelan berbasis AI dan ML. Lebih jauh, konsep-konsep statistik seperti regresi logistik, analisis survival, dan pemodelan multilevel tetap relevan dalam era *big data* dan sering digunakan sebagai metode komparatif atau baseline untuk mengevaluasi performa model AI dan ML.<sup>27</sup> Bahkan dalam algoritma ML yang bersifat non-linear dan kompleks, validasi model tetap memerlukan pendekatan statistik klasik, seperti analisis ROC curve, *cross-validation*, dan pengujian hipotesis guna memastikan akurasi dan generalisasi model.<sup>28</sup>

Puncak dari integrasi upaya ini adalah tercapainya *Personalized Dentistry* dimana pendekatan klinis tidak lagi bersifat reaktif, melainkan proaktif dan disesuaikan dengan karakteristik unik kebutuhan individu. Data genomik, misalnya, dapat memandu pemilihan material restorasi yang paling biokompatibel, memperkirakan respon individual terhadap terapi ortodontik, atau mengidentifikasi predisposisi komplikasi pasca operasi.<sup>29</sup> Analisis biostatistik yang kuat memastikan bahwa keputusan klinis didasarkan pada bukti ilmiah yang valid dan relevan untuk setiap pasien. Lebih jauh lagi, kombinasi pendekatan ini membuka jalan menuju *Participatory Dentistry* yaitu memberdayakan pasien sebagai mitra aktif dalam perawatan. Visualisasi risiko individual berbasis analisis data epidemiologi dan biostatistika yang dikomunikasikan secara efektif dapat meningkatkan kesadaran dan motivasi pasien untuk mengadopsi perilaku sehat. Platform digital dan aplikasi kesehatan gigi yang didukung oleh analisis data memungkinkan pasien untuk memantau kesehatan oral mereka, berbagi informasi dengan dokter gigi secara *real-time*, dan terlibat dalam pengambilan keputusan perawatan.<sup>13</sup>

Sinergi antara epidemiologi dan biostatistik menjadikan konsep *P4 medicine* dalam kedokteran gigi tidak hanya mungkin secara teori, tetapi juga aplikatif dan terukur dalam praktik klinis sehari-hari.

*Bapak Ibu hadirin yang kami muliakan,*

Pendekatan kedokteran gigi presisi ini memperkenalkan cara baru dalam mengelola kesehatan dengan memanfaatkan kekuatan data untuk mengantisipasi dan menangani penyakit secara lebih efektif. Namun, di balik peluang ini, ada tantangan besar yang perlu dihadapi, terutama dalam bidang epidemiologi dan biostatistika yang menjadi dasar analisis data kesehatan.

Salah satu tantangan utama adalah bagaimana memahami data genetik yang semakin kompleks. Studi epidemiologi berbasis genom memerlukan kemampuan analitis tinggi untuk memaknai varian genetik dengan tepat. Kesalahan interpretasi tidak hanya berpotensi menciptakan kegelisahan yang tidak perlu pada pasien, tetapi juga dapat mengarah pada keputusan klinis yang keliru. Dalam konteks ini, kekuatan biostatistika menjadi krusial, karena diperlukan model analitik yang akurat dan valid untuk menerjemahkan data genetik menjadi informasi klinis yang bermakna.<sup>30</sup>

Selain itu, penggunaan data besar dalam kedokteran gigi cerdas juga membawa tantangan baru dalam dunia epidemiologi. Volume data yang masif menuntut pengembangan metode statistik lanjutan untuk memastikan validitas dan reliabilitas hasil. Masalah klasik seperti *overfitting*, bias seleksi, dan *confounding* menjadi semakin sering muncul dalam analisis berskala besar.<sup>31</sup> Pakar Epidemiologi dan biostatistika dituntut untuk terus memperbarui kompetensi mereka dalam teknik-teknik mutakhir seperti *machine learning*, *data mining*, dan analisis multivariat kompleks. Sementara itu, penerapan kecerdasan buatan (*AI*) untuk menganalisis data epidemiologi kesehatan gigi juga menghadapi tantangan serius. Bias algoritmik adalah salah satu permasalahan yang terjadi ketika model *AI* dikembangkan dari data yang tidak mewakili seluruh populasi dapat menghasilkan kesimpulan atau rekomendasi yang tidak adil. Misalnya, sistem diagnosis berbasis *AI* dalam radiografi gigi yang hanya dilatih dengan data dari satu kelompok populasi saja bisa saja kurang akurat saat digunakan pada kelompok lain, terutama kelompok minoritas.<sup>32</sup> Tantangan ini menunjukkan betapa pentingnya keadilan dan keterwakilan data dalam seluruh proses epidemiologi prediktif. Tidak

kalah penting, setiap teknologi prediktif yang dikembangkan harus melalui proses validasi klinis yang ketat. Sebagai contoh, model prediksi risiko penyakit gigi tidak cukup hanya akurat dalam simulasi atau di atas kertas namun model tersebut harus terbukti efektif pada populasi nyata yang beragam agar hasilnya dapat digunakan secara luas.<sup>33</sup> Proses ini memerlukan desain penelitian epidemiologi yang kuat, analisis biostatistika yang tepat, serta pemahaman yang mendalam tentang dinamika populasi.

Di luar tantangan teknis tersebut, aspek etika data juga harus menjadi perhatian penting. Privasi data genetik dan kesehatan harus dilindungi secara ketat, dan pasien perlu diberikan pemahaman menyeluruh mengenai risiko dan manfaat dari partisipasi mereka dalam studi prediktif. Meningkatkan literasi data dan literasi genomik, baik bagi tenaga kesehatan maupun masyarakat, merupakan kunci agar kemajuan teknologi menjadi alat pemberdayaan, bukan malah menciptakan ketimpangan baru. Dalam menghadapi tantangan ini, solusi tidak bisa dijalankan secara sektoral. Diperlukan kolaborasi multidisiplin yang melibatkan ahli epidemiologi, ahli biostatistika, pakar bioinformatika, praktisi klinis, ahli hukum kesehatan, hingga komunitas pasien. Kolaborasi ini sejalan dengan semangat *participatory medicine*, pilar keempat dari *P4 medicine*, yang menempatkan pasien sebagai mitra aktif dalam proses kesehatan. Integrasi epidemiologi dan biostatistika modern dalam kerangka *P4 dentistry* membuka jalan menuju masa depan kedokteran yang lebih prediktif, personal, dan preventif. Melalui pemanfaatan data yang cerdas, valid, dan etis, kita tidak hanya membaca masa depan kesehatan, tetapi juga menulis ulang cara kita menjaga, merawat dan memuliakan kehidupan.

*Bapak dan Ibu hadirin yang kami muliakan,*

Penerapan konsep P4 sebagai pilar kedokteran gigi presisi bukan sekadar wacana akademik, melainkan sebuah kebutuhan nyata yang menuntut sinergi tiga pihak utama yaitu peneliti, pemerintah, dan klinisi. Dengan kolaborasi yang nyata di antara ketiga komponen ini, *P4 dentistry* tidak hanya menjadi visi masa depan, tetapi solusi masa kini yang membawa manfaat nyata bagi masyarakat luas.

Bagi peneliti, tantangan ini menjadi peluang untuk menghasilkan ilmu yang berdampak langsung. Peneliti diharapkan tidak hanya melakukan studi epidemiologi konvensional, tetapi juga mengembangkan model prediksi risiko penyakit, mengidentifikasi biomarker dari saliva atau data genetik, serta menguji efektivitas teknologi seperti kecerdasan buatan dalam diagnosis dini penyakit gigi seperti karies dan periodontitis. Hasil penelitian harus menjawab persoalan nyata di masyarakat dan dapat digunakan sebagai pijakan kebijakan.

Bagi pemerintah, data dari para peneliti dapat digunakan sebagai dasar yang kuat untuk merancang kebijakan yang adil dan berbasis bukti. Pemerintah memiliki tanggung jawab besar dalam menyusun program preventif, seperti skrining karies pada anak usia dini atau edukasi berbasis risiko. Selain itu, regulasi teknologi baru, perlindungan data kesehatan, serta pemerataan akses layanan menjadi bagian penting dari tugas negara untuk memastikan bahwa kemajuan ini tidak hanya dinikmati segelintir, tetapi menjangkau seluruh masyarakat termasuk yang tinggal di daerah terpencil.

Bagi klinisi, konsep *P4 dentistry* dapat menjadi panduan dalam praktik sehari-hari. Saat ini klinisi dihadapkan pada data pasien yang lebih kompleks mulai dari riwayat medis hingga informasi genetik. Tugas klinisi adalah mengubah data tersebut menjadi keputusan klinis yang personal, tepat waktu, dan mudah dipahami pasien. Dengan teknologi seperti *AI* dalam radiografi atau analisis risiko karies berbasis gaya hidup, perawatan bisa dilakukan lebih awal dan lebih efektif. Dalam peran ini, klinisi tidak hanya menjadi penyembuh, tetapi juga mitra edukatif dan motivator bagi pasien dalam menjaga kesehatan mulut mereka secara berkelanjutan.

Akhir kata, sebagai kesimpulan, transformasi menuju era *Predictive, Preventive, Personalized, and Participatory (P4) dentistry* menunjukkan bahwa pengelolaan kesehatan masa depan harus berbasis data ilmiah dan berpusat pada individu. Epidemiologi dan biostatistika memainkan peran sentral dalam membaca pola kesehatan, membangun model prediktif, serta memastikan intervensi yang tepat sasaran dan adil bagi seluruh populasi.

Melalui pendekatan ini, masyarakat akan memperoleh manfaat yang nyata yaitu risiko penyakit gigi dapat diketahui lebih awal, pencegahan bisa dilakukan dengan cara yang sesuai kebutuhan masing-masing individu, dan pasien menjadi mitra aktif dalam menjaga kesehatannya. Penerapan ilmu ini tidak hanya meningkatkan kualitas layanan, tetapi juga memperkuat kebijakan kesehatan yang berpihak pada keadilan, keberlanjutan, dan keselamatan publik. Oleh karena itu, pengembangan kapasitas di bidang epidemiologi dan biostatistika bukan hanya penting untuk dunia akademik, tetapi juga menjadi aset strategis untuk kesehatan masyarakat Indonesia.

### **Ucapan terima kasih**

*Bapak dan Ibu hadirin yang kami muliakan,*

Pada bagian akhir pidato ini dengan segala kerendahan hati, perkenankan saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada banyak sekali pihak yang telah memberikan dukungan selama ini. Suatu kehormatan bagi saya untuk dapat membaktikan diri sebagai Guru Besar di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Gadjah Mada. Saya mohon maaf sebesar-besarnya apabila ada yang belum disebutkan tanpa sengaja. Semoga kebaikan Bapak dan Ibu semua, mendapat imbalan terbaik dari Allah Swt. Izinkanlah doa ini menyentuh nama-nama yang diam dalam ingatan dan abadi dalam rasa terima kasih.

Saya mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Menteri Pendidikan Tinggi, Sains, Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah menetapkan saya sebagai Guru Besar pada tanggal 1 Desember 2024; Rektor UGM Periode 2022-2027 Prof. dr. Ova Emilia, M.Med.Ed.,Sp.OG(K), Ph.D dan para Wakil Rektor, Prof. Wening Udasmoro, Dr. Arie Sujito, S.Sos., M.Si, Dr. Danang Sri Hadmoko, S.Si., M.Sc, Prof. Dr. Supriyadi, M.Sc., Arief Setiawan Budi Nugroho, S.T., M.Eng., Ph.D, Direktur SDM dan segenap jajarannya, Ketua dan Sekretaris Senat Akademik serta seluruh anggota senat akademik UGM, Ketua dan Anggota Majelis Wali Amanat, Ketua dan Anggota Dewan Guru Besar UGM, Ketua Senat Fakultas, sekretaris senat serta seluruh anggota senat FKG UGM.

Pengusulan Guru Besar saya tentu tak akan pernah menjadi nyata tanpa restu langkah dari Bapak Dekan FKG UGM Prof. drg.

Suryono, SH., MM., Ph.D dan rekan seperjalanan saya Wakil Dekan Bidang Keuangan, Aset dan Sumber Daya Manusia drg. Margareta Rinastiti, M.Kes.Ph.D., Sp.KG (K) serta Wakil Dekan Bidang Penelitian, Pengabdian kepada Masyarakat, dan Kerjasama drg. Trianna Wahyu Utami, MD.Sc., Ph.D. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya saya haturkan pada rekan-rekan Wakil Dekan Akademik dan Kemahasiswaan di lingkungan Universitas Gadjah Mada yang saya banggakan. Dalam setiap diskusi, bahkan saat membahas hal-hal yang tak mudah, selalu ada senyuman dan canda cerdas untuk saling mendukung tanda bahwa semangat kita tak pernah padam. Tak lupa saya ucapkan terima kasih kepada Kepala Satuan Penjaminan Mutu dan Reputasi Universitas Prof. Indra Wijaya Kusuma, M.B.A., Ph. D. beserta jajarannya yang telah memberi arah untuk tugas kami di Fakultas, terima kasih pula kepada Direktur Direktorat Pembelajaran dan Pengajaran UGM Prof. dr. Gandes Retno Rahayu, M.Med.Ed., Ph.D, dan seluruh jajarannya yang selalu membersamai tugas-tugas kami para WD 1. Terima kasih juga saya sampaikan pada seluruh pimpinan Direktorat dan jajarannya di UGM di antaranya Direktorat Kajian dan Inovasi Akademik, Direktorat Kemitraan dan Relasi Global serta Direktorat Kemahasiswaan. Terima kasih yang tulus saya sampaikan kepada Bapak/Ibu Kaprodi, Kepala Unit Jaminan Mutu, Unit Kemahasiswaan, dan seluruh Ka Unit FKG UGM. Dukungan, kepercayaan, dan kerja sama Bapak/Ibu menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik saya hingga hari ini. Semoga pencapaian ini menjadi langkah awal untuk terus berkarya bersama demi kemajuan institusi kita tercinta.

Kepada reviewer pidato pengukuhan saya Prof. Dr. drg. Widowati Siswomihardjo, M.S. dan Prof. drg. Supriatno, M.Kes., MD.Sc., Ph.D. saya menghaturkan apresiasi yang setinggi-tingginya atas perkenannya menjadi reviewer; terima kasih atas dukungan semangat dan doa serta bantuannya. Saya selalu ingat pesan Prof Widowati untuk tetap menjadi pribadi yang rendah hati dimanapun kita berada dan sapa hangat Prof Supri selama ini “Adiik, ayo cepat urus GB nya” kata beliau selalu. Dengan penuh rasa syukur dan ketulusan, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh sejawat dosen di FKG UGM yang telah menjadi bagian penting dalam

perjalanan saya sebagai dosen. Terima kasih atas kolaborasi yang indah, semangat yang menular, dan keikhlasan yang tak pernah putus. Semoga kebersamaan ini terus menjadi sumber kekuatan dan makna dalam membentuk generasi dokter gigi yang unggul.

Terima kasih yang tulus saya sampaikan kepada para pembimbing skripsi S1 drg. H. Handogo (alm) dan drg. Abdul Rochim, M.Kes, pembimbing tesis S2 Dr. drg Julita Hendrartini, M.Kes AAK dan Prof. dr. Laksono Trisnantoro, MSc, PhD serta pembimbing disertasi S3 Prof. Dr. R.M.H. Schaub, Prof. Dr. J.W. Groothoff Prof, drg. Niken Widyanti, MDSc (alm) dan Dr. Roy Stewart yang telah membimbing dengan penuh kesabaran dan ketajaman ilmu Terkhusus untuk promotor Prof Schaub ada satu pesan yang selalu saya ingat tentang integritas "Murphy's Law says: Anything that can go wrong will go wrong. That's why integrity matters. Be honest, even when no one's watching."

Terima kasih kepada Keluarga besar Departemen Ilmu Kedokteran Gigi Pencegahan dan Ilmu Kesehatan Gigi Masyarakat, tempat saya mengabdikan selama ini, terima kasih atas persaudaraan yang hangat selama ini. alm Prof. drg. Niken Widyanti MDSc, alm drg Windarto Adisusanto DPHDent, alm drg Harman Soebandi DPHDent, drg. Sri Rejeki Damayanti, M. Kes, Dr drg. Dibyo Pramono SU MDSc, Dr drg. Bambang Priyono SU, Dr drg Sri Widiati MPH Dr drg Julita Hendrartini MKes AAK. Ketua Departemen drg Lisdrianto Hanindriyo MPH PhD, drg Fitriana Rachmadanty Siregar MPH, drg Fania Chairunisa MPH, drg M Fahmi Alfian MPH, drg Agatha Ravi Vidiaratri MPH, Leny Pratiwi AS SKPG MDSc, Prayudha Benni Setiawan SKpG MPH, Rieski Prihastuti SKPG MPH dan drg Achmad Zam Zam Aghasy MKes. Kehadiran dan dukungan Bapak Ibu semua telah menjadi bagian penting dalam perjalanan profesional dan pribadi saya yang tak ternilai.

Teruntuk Bapak Ibu guru dan dosen yang telah membersamai langkah saya sejak lembar pertama di bangku sekolah serta saat di Perguruan Tinggi, terima kasih telah menuliskan ilmu dan nilai kehidupan di hati saya. Dari tangan-tangan tulus Bapak dan Ibu, saya belajar mengeja mimpi, merangkai harapan, dan melangkah dengan keyakinan. Semoga setiap ilmu yang ditanamkan dan setiap nasihat

yang dibisikkan menjadi ladang pahala yang tak pernah kering, dan terus menerangi. Bapak Ibu Hadirin yang saya muliakan, dukungan dari sahabat, keluarga, dan rekan adalah kekuatan yang tak ternilai. Terima kasih yang tulus untuk para sahabat lama sejak putih biru dan abu-abu, Gasasian yang khusus hadir hari. Musim akan selalu berganti namun ikatan kita masih akan tetap sama. Teman-teman FKG 91, terima kasih telah menjadi keluarga yang selalu ada; dari tawa bersama hingga bahu untuk menjadi sandaran. Ikatan kita adalah sumpah Hipocrates “bahwa semua kita adalah saudara”

Apresiasi istimewa saya sampaikan kepada Prof. Dr. drg. Ahmad Syaify, Sp.Perio (K). mantan Ketua Persatuan Dokter Gigi Indonesia Cabang Sleman periode 2016-2022 yang juga mantan dekan FKG UGM periode 2016-2021; Sebuah kehormatan bisa dikukuhkan bersama Beliau. Pengalaman mendampingi beliau sebagai Sekretaris Umum PDGI Sleman selama dua periode termasuk saat Covid-19 menghantam dunia menjadi bagian dari dinamika hidup saya; saya belajar arti ketulusan, ketangguhan, dan kepemimpinan dari rekan-rekan luar biasa di organisasi profesi seperti Beliau. Duka kita, perjuangan kita, dan tawa di tengah lelahnya tugas telah menorehkan ikatan kebersamaan yang tak terlupakan. Teruntuk rekan-rekan sejawat di organisasi profesi yang kita cintai PDGI, terima kasih telah menjadi bagian dari babak penting dalam hidup dan karier saya.

Terima kasih saya ucapkan juga kepada kolega tim *Early Childhood Caries Advocacy Group* dari berbagai negara di dunia yang telah memperluas cakrawala berpikir saya melalui kolaborasi lintas budaya. Terkhusus untuk pemrakarsa tim ini, wanita hebat Prof Dr Morenike Oluwatoyin Folayan yang selalu menginspirasi semua anggota timnya dengan afirmasi positif. Tak lupa, ucapan terima kasih juga saya haturkan kepada seluruh mitra dan kolega yang tidak dapat saya sebut satu-satu, terima kasih atas kerja sama, dukungan, dan kepercayaan yang telah mengiringi perjalanan profesional saya hingga hari ini.

Proses pengajuan guru besar ini tentu tidak mungkin saya lakukan tanpa peran dan bantuan Bapak Ibu dari tim SDM FKG UGM dan Bapak Ibu tenaga kependidikan yang mendampingi dengan teliti dan telaten semua proses yang harus dilalui. Saya mengucapkan banyak

terima kasih atas keikhlasan yang telah mengalir yang tak selalu terlihat, namun begitu besar saya rasakan. Mbak Wulan, Mbak Dyana, Mbak Rya, Mbak Ida, mbak Fidya, Mas Budi, Mbak Elis dan semua Bapak Ibu tendik yang tidak bisa saya sebut satu persatu termasuk pada seluruh panitia acara ini yang telah banyak membantu baik langsung maupun tidak langsung. Terima kasih atas kesabaran yang seluas samudra. Senyum dan sapa hangat Bapak Ibu adalah obat di hari yang mendung.

Terima kasih yang tak terhingga untuk orang tua Alm. Ir.H. Oetomo Haryoko dan Ibu Hj Eny Julianty, serta Bapak dan Ibu mertua tercinta Alm. Ir.Dr. H. Kuswanto, MS dan Alm Prof Dr Ir Hj Kapti Rahayu MSc atas doa dan kasih yang tak pernah surut yang menjadi harapan di setiap ikhtiar. Semoga Allah membalas semua kebaikan dan cinta yang telah diberikan, dengan balasan yang tak terhingga, dunia dan akhirat. Ada suatu kenangan pribadi yang baru saja diceritakan suami saya; dulu, di sela-sela obrolan sederhana antara seorang ayah dan menantu lelakinya, almarhum ayah saya pernah menitipkan harapan pada suami saya “Suatu hari nanti, aku ingin anakku menjadi Guru Besar di UGM.” Allah telah mengijinkan bisik harapnya terkabul walau saya sendiri tidak pernah mengetahuinya. Terima kasih pula untuk kakak dan adik Mas Reza, Mbak Rika, Mas Anto, Mbak Vivi, Iwan Faizal, Kiki, Sigit dan Diah serta keponakan Shafa, Bahy, Juno dan Rizki. Juga kepada keluarga besar Om dan Tante yang telah memberi warna. Kata terima kasih tak cukup untuk menggambarkan betapa berharganya kehadiran keluarga dalam setiap langkah hidup saya

Terima kasih yang tidak bisa diukur dengan kata-kata teruntuk keluarga kecilku. Untuk suamiku tercinta drg. Iwan Dewanto, MMR, PhD engkaulah pohon yang kukuh tempat kami bersandar, dengan dahan hangat yang tak pernah lelah merangkul. Kehadiranmu adalah cahaya yang tak pernah padam dalam setiap pasang surut musim kehidupan. Tak akan pernah cukup waktu atau kata untuk membalas sebanding dengan apa yang telah kau lakukan. Semoga cintaku, dalam seluruh keterbatasannya sebagai syukur yang tak terucap, menjadi doa yang tak bersuara dalam setiap langkah bersamamu. Untuk anak-anakku titipan dari langit Nadia Hedy Khalila dan Arvel Rajendra

Nabhan. Terima kasih telah tumbuh dalam kasih dan keberanian, bersedia mengarungi tantangan tanpa pernah mengeluh; memilih menjadi pelaut tangguh meski kadang ombak menggulung. Jadilah kuat tanpa kehilangan kelembutan, dan jadilah cerdas tanpa menanggalkan kebaikan. Karena yang paling tinggi dari sebuah pencapaian, bukan gelar atau pujian, melainkan hati yang tetap lurus saat diuji, dan jiwa yang tetap bersinar, bahkan ketika dunia tampak tak bersahabat. Semoga Allah Swt menjadikan rumah kita tempat hati saling pulang dan iman bertunas dalam setiap langkah.

Ucapan terima kasih terkhusus untuk para mahasiswa; kalian adalah sumber belajar sesungguhnya tentang ketulusan dan daya juang, yang membuat setiap langkah dalam pendidikan ini menjadi begitu berarti. Terus beranilah untuk tetap berjalan meski lelah, meski dunia menawarkan yang mudah namun sejatinya penuh perangkap. Terima kasih telah memberi makna bahwa belajar adalah napas yang tak pernah boleh berhenti. Terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya secara khusus saya sampaikan kepada seluruh hadirin yang saya hormati atas kesediannya meluangkan waktu.

Akhir kata ijin saya menyampaikan rasa bangga dan harapan kepada institusi tempat saya mengadi, FKG UGM. Dari generasi ke generasi, FKG UGM bukan hanya telah menulis jejaknya denga tinta dedikasi di lembar kesehatan Indonesia tetapi juga menyalakan ilmu dan mengukir perubahan. Semoga FKG UGM terus menjadi mercusuar peradaban, melahirkan insan cendekia yang setia mengabdikan, menjaga senyum sehat bangsa, dari masa ke masa.

Semoga Allah Swt selalu memberikan rahmat dan pengampunan untuk kita semua.

Akhirul kata,

*Wabillaitaufik Wal Hidayah, Wassalamualaikum Wr Wb*

## DAFTAR PUSTAKA

1. Porta M. A dictionary of epidemiology. Porta M, editor. New York, NY: Oxford University Press; 2014.
2. Pitts NB, Twetman S, Fisher J, Marsh PD. Understanding dental caries as a non- communicable disease. *Br Dent J.* 2021 Dec;231(12):749-753. doi: 10.1038/s41415-021-3775-4. Epub 2021 Dec 17. PMID: 34921271; PMCID: PMC8683371.
3. Pontigo-Loyola AP, Mendoza-Rodriguez M, de la Rosa-Santillana R, Rivera-Pacheco MG, Islas-Granillo H, Casanova-Rosado JF, Márquez-Corona ML, Navarrete-Hernández JJ, Medina-Solís CE, Manton DJ. Control of Dental Caries in Children and Adolescents Using Fluoride: An Overview of Community-Level Fluoridation Methods. *Pediatr Rep.* 2024 Mar 27;16(2):243-253. doi: 10.3390/pediatric16020021. PMID: 38651460; PMCID: PMC11036215.
4. **Amalia R**, Schaub RM, Widyanti N, Stewart R, Groothoff JW. The role of school-based dental programme on dental caries experience in Yogyakarta Province, Indonesia. *Int J Paediatr Dent.* 2012 May;22(3):203-10. doi: 10.1111/j.1365-263X.2011.01177.x. Epub 2011 Aug 24. PMID: 21883561.
5. **Amalia R**, Siregar FR, Alfian MF, Arie Sandy LP. Regulations on nutrition in Indonesia and its relation to early childhood caries. *Front Public Health.* 2022 Sep 28;10:984668. doi: 10.3389/fpubh.2022.984668. PMID: 36249209; PMCID: PMC9554401.
6. **Amalia R**, Schaub RM, Stewart RE, Widyanti N, Groothoff JW. Impact of school-based dental program performance on the oral health-related quality of life in children. *J Investig Clin Dent.* 2017 Feb;8(1). doi: 10.1111/jicd.12179. Epub 2015 Jul 27. PMID: 26215794.
7. **Amalia R**, Chairunisa F, Alfian MF, Supartinah A. Indonesia: Epidemiological Profiles of Early Childhood Caries. *Front Public Health.* 2019 Aug 6;7:210. doi: 10.3389/fpubh.2019.00210. PMID: 31448251; PMCID: PMC6691044.

8. Schwendicke F, Krois J. Precision dentistry-what it is, where it fails (yet), and how to get there. *Clin Oral Investig.* 2022 Apr;26(4):3395-3403. doi: 10.1007/s00784-022-04420-1. Epub 2022 Mar 14. PMID: 35284954; PMCID: PMC8918420.
9. Tabak L, Green E, Devaney S, Somerman M. Precision Health: Bringing Oral Health into the Context of Overall Health. *Adv Dent Res.* 2019 Nov;30(2):31-33. doi: 10.1177/0022034519877392. PMID: 31633387; PMCID: PMC6891819.
10. Steigmann L, Kačarević ŽP, Houry J, Nagy K, Feres M. Integration of precision medicine into the dental care setting. *Front Dent Med.* 2024 Aug 21;5:1398897. doi: 10.3389/fdmed.2024.1398897. PMID: 39917647; PMCID: PMC11797757.
11. Bakar A, Ningrum V, Lee A, Hsu WK, **Amalia R**, Dewanto I, Lee SC. Structural equation modelling of the complex relationship between toothache and its associated factors among Indonesian children. *Sci Rep.* 2020 Aug 11;10(1):13567. doi: 10.1038/s41598-020-70104-z. PMID: 32782302; PMCID: PMC7419561.
12. Folayan MO, El Tantawi M, Aly NM, Al-Batayneh OB, Schroth RJ, Castillo JL, Virtanen JI, Gaffar BO, **Amalia R**, Kemoli A, Vulkovic A, Feldens CA. Association between early childhood caries and poverty in low and middle income countries. *BMC Oral Health.* 2020 Jan 6;20(1):8. doi: 10.1186/s12903-019-0997-9. PMID: 31906944; PMCID: PMC6945445.
13. Schwendicke F, Krois J. Data Dentistry: How Data Are Changing Clinical Care and Research. *J Dent Res.* 2022 Jan;101(1):21-29. doi: 10.1177/00220345211020265. Epub 2021 Jul 8. PMID: 34238040; PMCID: PMC8721539.
14. Lin Y, Liang X, Li Z, Gong T, Ren B, Li Y, Peng X. Omics for deciphering oral microecology. *Int J Oral Sci.* 2024 Jan 9;16(1):2. doi: 10.1038/s41368-023-00264-x. PMID: 38195684; PMCID: PMC10776764.
15. Moussa DG, Ahmad P, Mansour TA, Siqueira WL. Current State and Challenges of the Global Outcomes of Dental Caries Research in the Meta-Omics Era. *Front Cell Infect Microbiol.* 2022 Jun

- 17;12:887907. doi: 10.3389/fcimb.2022.887907. PMID: 35782115; PMCID: PMC9247192.
16. Bostanci N, Belibasakis GN. Precision periodontal care: from omics discoveries to chairside diagnostics. *Clin Oral Investig*. 2023 Mar;27(3):971-978. doi: 10.1007/s00784-023-04878-7. Epub 2023 Feb 1. PMID: 36723713; PMCID: PMC9985578.
  17. Divaris K. The Era of the Genome and Dental Medicine. *J Dent Res*. 2019 Aug;98(9):949-955. doi: 10.1177/0022034519845674. PMID: 31329043; PMCID: PMC6651767.
  18. Abdul NS, Shenoy M, Reddy NR, Sangappa SB, Shivakumar GC, Di Blasio M, Cicciù M, Minervini G. Gene sequencing applications to combat oral-cavity related disorders: a systematic review with meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2024 Jan 17;24(1):103. doi: 10.1186/s12903-023-03541-7. PMID: 38233799; PMCID: PMC10792784.
  19. Gomez-Verjan JC, Rivero-Segura NA, editors. *Principles of genetics and molecular epidemiology*. 1st ed. Cham, Switzerland: Springer Nature; 2022.
  20. Cafiero C, Spagnuolo G, Marenzi G, Martuscelli R, Colamaio M, Leuci S. Predictive Periodontitis: The Most Promising Salivary Biomarkers for Early Diagnosis of Periodontitis. *J Clin Med*. 2021 Apr 3;10(7):1488. doi: 10.3390/jcm10071488. PMID: 33916672; PMCID: PMC8038382.
  21. Kokol P, Blažun Vošner H, Završnik J, Turčin M. How 'smart' is smart dentistry? *F1000Res*. 2019 Feb 14;8:183. doi: 10.12688/f1000research.17972.2. PMID: 31448097; PMCID: PMC6696613.
  22. Patel JS, Su C, Tellez M, Albandar JM, Rao R, Iyer V, Shi E, Wu H. Developing and testing a prediction model for periodontal disease using machine learning and big electronic dental record data. *Front Artif Intell*. 2022 Oct 13;5:979525. doi: 10.3389/frai.2022.979525. PMID: 36311550; PMCID: PMC9608121.
  23. Feher B, Tussie C, Giannobile WV. Applied artificial intelligence in dentistry: emerging data modalities and modeling approaches. *Front Artif Intell*. 2024 Jul 23;7:1427517. doi:

- 10.3389/frai.2024.1427517. PMID: 39109324; PMCID: PMC11300434.
24. Hung M, Hon ES, Ruiz-Negron B, Lauren E, Moffat R, Su W, Xu J, Park J, Prince D, Cheever J, Licari FW. Exploring the Intersection between Social Determinants of Health and Unmet Dental Care Needs Using Deep Learning. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Oct 6;17(19):7286. doi: 10.3390/ijerph17197286. PMID: 33036152; PMCID: PMC7579108.
  25. Gokdeniz ST, Kamburoğlu K. Artificial intelligence in dentomaxillofacial radiology. *World J Radiol*. 2022 Mar 28;14(3):55-59. doi: 10.4329/wjr.v14.i3.55. PMID: 35432776; PMCID: PMC8966498.
  26. Lee KJ, Moreno-Betancur M, Kasza J, Marschner IC, Barnett AG, Carlin JB. Biostatistics: a fundamental discipline at the core of modern health data science. *Med J Aust*. 2019 Nov;211(10):444-446.e1. doi: 10.5694/mja2.50372. Epub 2019 Oct 27. PMID: 31656046; PMCID: PMC6899583.
  27. Rajula HSR, Verlato G, Manchia M, Antonucci N, Fanos V. Comparison of Conventional Statistical Methods with Machine Learning in Medicine: Diagnosis, Drug Development, and Treatment. *Medicina (Kaunas)*. 2020 Sep 8;56(9):455. doi: 10.3390/medicina56090455. PMID: 32911665; PMCID: PMC7560135.
  28. Burzykowski T, Geubbelmans M, Rousseau AJ, Valkenborg D. Validation of machine learning algorithms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2023 Aug;164(2):295-297. doi: 10.1016/j.ajodo.2023.05.007. PMID: 37517861.
  29. Malcangi G, Patano A, Guglielmo M, Sardano R, Palmieri G, Di Pede C, de Ruvo E, Inchingolo AD, Mancini A, Inchingolo F, Bordea IR, Dipalma G, Inchingolo AM. Precision Medicine in Oral Health and Diseases: A Systematic Review. *J Pers Med*. 2023 Apr 25;13(5):725. doi: 10.3390/jpm13050725. PMID: 37240895; PMCID: PMC10219503.
  30. Agler CS, Divaris K. Sources of bias in genomics research of oral and dental traits. *Community Dent Health*. 2020 Feb 27;37(1):102-

106. doi: 10.1922/CDH\_SpecialIssue\_Divaris05. PMID: 32031351; PMCID: PMC7316399.
31. Jordan RA, Celeste RK, Bernabe E, Schwendicke F. Big Data in Epidemiology: Brave New World? *J Dent Res.* 2024 Oct;103(11):1047-1050. doi: 10.1177/00220345241272034. Epub 2024 Oct 2. PMID: 39359106; PMCID: PMC11653310.
32. Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. *J Dent Res.* 2020 Jul;99(7):769-774. doi: 10.1177/0022034520915714. Epub 2020 Apr 21. PMID: 32315260; PMCID: PMC7309354.
33. Buckeridge DL. Precision, Equity, and Public Health and Epidemiology Informatics - A Scoping Review. *Yearb Med Inform.* 2020 Aug;29(1):226-230. doi: 10.1055/s-0040-1701989. Epub 2020 Aug 21. PMID: 32823320; PMCID: PMC7442517.