

## PERKEMBANGAN BONDING DALAM KEMAJUAN RESTORASI ESTETIK

Dwi Kartika Apriyono

Bagian Ilmu Konservasi Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

### Abstract

*There has been dramatic progression in the adhesion of dental adhesives and resins to enamel and dentin in the 40 years since Buonocore<sup>1</sup> introduced the technique of etching enamel with phosphoric acid to improve adhesion to enamel. The first dental adhesives bonded resins to enamel only, with little or no dentin adhesion. Subsequent generations have dramatically improved bond strength to dentin and the sealing of dentin margins while retaining a strong bond to enamel. The widespread demand for, and use of, dental adhesives has fuelled an intensive development of better and easier dental adhesives in rapid succession; dentists have literally been inundated with successive "generations" of adhesive materials. There are seven generations in bonding agent and have a different characteristics. This article discusses the progression of dental adhesives up to the last generation.*

**Keywords:** adhesive, bonding system, smear layer, self-etching primer

Korespondensi (**Correspondence**): Dwi Kartika A. Bagian Ilmu Konservasi Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember. Jl. Kalmantan 37 Jember. 68121. Indonesia

Prinsip-prinsip bahan *adhesive* dibidang kedokteran gigi dimulai pada tahun 1955 ketika Buonocore, menggunakan teknik bonding dan menyatakan bahwa asam dapat digunakan sebagai bahan yang diaplikasikan di permukaan kavitas sebelum penerapan suatu resin.<sup>10</sup> Ia melakukan etsa pada permukaan enamel menggunakan asam fosfat dengan waktu yang berbeda-beda yang hasilnya dapat meningkatkan proses suatu adhesi.

Pada akhir 1960-an, Buonocore menyatakan bahwa etsa pada email dapat menghasilkan mikroporositas yang dapat digunakan sebagai retensi utama suatu restorasi yaitu dengan adanya pembentukan resin tags.<sup>11</sup> Seiring berjalannya waktu, beberapa penelitian merekomendasikan variasi durasi prosedur etsa asam dan konsentrasi asam fosfat, salah satunya adalah konsentrasi asam fosfat 30-40 % dengan waktu etsa hingga 15 detik.<sup>5,25,31</sup> Pada tahun 1963, Buonocore menyatakan bahwa terdapat perbedaan adhesi ketika dilakukan etsa pada email dan dentin.<sup>12</sup>

Beberapa penelitian awal mengenai etsa pada dentin telah dilakukan dan mendapatkan hasil yaitu bond strengths yang rendah.<sup>26</sup> Hal ini tidak mengherankan mengingat fakta bahwa email mengandung jumlah protein lebih sedikit, sedangkan dentin mempunyai 17 % kolagen yang sukar sekali dilakukan etsa karena terletak di sekitar kristal hidroksiapatit.<sup>27</sup> Tubulus dentin adalah satu-satunya pori-pori yang tersedia untuk retensi mikromekanik. Tubulus ini berisi cairan, yang dapat menjadi penghalang untuk retensi. Faktor-faktor seperti usia gigi, arah tubulus dan prisma enamel, adanya sementum dan jenis dentin juga dapat mempengaruhi perlekatan pada dentin.<sup>13,15</sup>

Perlekatan pada dentin semakin berkurang dengan adanya smear layer yaitu kotoran organik yang berada di permukaan

dentin setelah dilakukannya preparasi kavitas. Smear layer akan menutup tubulus dentin dan bertindak sebagai "diffusion barrier". Ini awalnya dianggap sebagai keuntungan karena hal itu dapat melindungi pulpa dengan menurunkan permeabilitas dentin. Supaya perlekatan pada dentin membaik, maka penghapusan lapisan smear menjadi keharusan walaupun ada beberapa hal yang harus menjadi pertimbangan.<sup>29</sup>

Sepanjang lebih dari 3 dasawarsa berbagai macam produk-produk bonding telah dikembangkan untuk mendapatkan perlekatan yang lebih baik dari bonding. Generasi bonding terbaru mempunyai kekuatan perlekatan yang tinggi dan memungkinkan penempatan bahan restorasi tanpa harus melakukan pengurangan kavitas yang banyak untuk retensi mekanisnya sehingga bahan restorasi dapat bertahan lama terhadap tekanan dan tegangan yang tinggi tanpa pecah serta menjadikan struktur gigi lebih resisten terhadap daya pengunyahan.<sup>22</sup>

### TINJAUAN PUSTAKA

Seperti disebutkan diatas, etsa asam dari email amat efektif dalam membentuk mekanisme bonding mekanis. Tindakan ini sekarang merupakan suatu prosedur yang dilakukan setiap kita menambal dengan tambalam resin. Jadi kebocoran mikro atau hilangnya retensi tidak lagi merupakan masalah pada permukaan antara resin dan email.<sup>6</sup>

Masalah yang masih tertinggal adalah pada permukaan antara resin-dentin dan atau sementum. Mengembangkan bahan yang bisa lekat ke dentin merupakan suatu tantangan. Walaupun penelitian tentang ini telah dilakukan lebih dari 20 tahun, aplikasi dari adhesif dentin baru berkembang pada dekade terakhir. Produk-produk yang baru terus membanjiri pasaran. Karena kondisi

mulut yang basah, perlu diwaspadai adanya variasi yang luas antara produk-produk tersebut. Tak perlu diragukan lagi, bermacam-macam formula yang punya potensi adhesi lebih tinggi akan diperkenalkan secara rutin.<sup>6</sup>

#### GENERASI PERTAMA

Pada tahun 1956, Buonocore dkk. menunjukkan bahwa penggunaan glycerophosphoric acid dimethacrylate yang mengandung bahan resin dapat melekat pada dentin melalui etsa asam.<sup>9</sup> Perlekatan ini diyakini terdapat hubungan antara molekul resin dengan ion kalsium hidroksiapatit. Adanya air (kondisi basah) dapat mengurangi kekuatan perlekatan. Sembilan tahun kemudian Bowen<sup>8</sup> mencoba mengatasi masalah ini menggunakan N-phenylglycine and glycidyl methacrylate (NPG-GMA). NPG-GMA adalah molekul bifungsi atau agen ganda. Ini berarti bahwa salah satu ujung molekul berikatan dengan dentin sedangkan yang lainnya (berpolimerisasi) berikatan dengan resin komposit. Kekuatan perlekatan dari sistem ini awalnya hanya 1 sampai 3 megapascal yang memberikan efek klinis sangat rendah.. Bahan ini direkomendasikan terutama untuk kavitas kecil, seperti kelas III dan kelas V.<sup>1</sup>

#### GENERASI KEDUA

Merupakan pengembangan yang dilakukan pada bahan adhesif yang berfungsi ganda untuk komposit dan mempunyai daya lekat ke dentin lebih baik. Sistem generasi kedua ini diperkenalkan pada akhir 1970-an. Sebagian besar generasi kedua ini berisi ester-ester halophosphorous seperti *bisphenol-A glycidyl methacrylate*, atau *bis-GMA*, atau *hydroxyethyl methacrylate*, atau *HEMA*.<sup>2</sup>

Mekanisme generasi kedua dari sistem ini adalah terbentuknya ikatan ionik dengan kalsium melalui kelompok-kelompok *chlorophosphate*. Generasi kedua ini memiliki perlekatan yang lemah (dibandingkan dengan sistem generasi kelima-keenam) tetapi memiliki sifat yang lebih baik dibandingkan sistem generasi pertama. Sebagai pengembangan bahan bonding sebelumnya, maka di generasi kedua ini penghapusan *smear layer* menjadi keharusan walaupun ada beberapa hal yang harus menjadi pertimbangan.

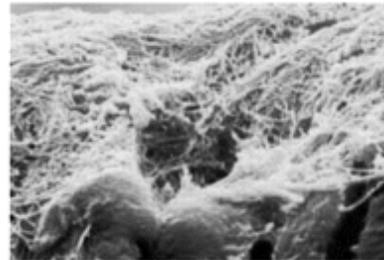
Salah satu perhatian utama dari sistem ini adalah bahwa ikatan fosfat dengan kalsium pada dentin tidak cukup kuat untuk menahan hidrolisis yang dihasilkan dari pembilasan oleh air. Proses hidrolisis ini dapat menurunkan perlekatan resin komposit dengan dentin dan menyebabkan *microleakage*. Karena sistem ini awalnya tidak melibatkan dentin melalui pengetsaan, maka sebagian besar bahan adhesif melekat pada *smear layer*. Beberapa produk dari sistem generasi kedua ini dianggap dapat melunakkan *smear layer* sehingga mampu meningkatkan penetrasi resin. Namun,

faktanya sistem ini menghasilkan kekuatan ikatan yang lemah dengan dentin.

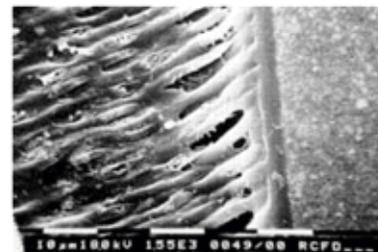
#### GENERASI KETIGA

Sistem generasi ketiga mulai dikenalkan sekitar tahun 1980-an yaitu penggunaan etsa asam pada dentin dan bahan primer yang didesain untuk penetrasi ke tubulus dentin sebagai metode untuk meningkatkan kekuatan perlekatan. Sistem ini meningkatkan kekuatan perlekatan ke dentin sebesar 12MPa-15MPa dan mengurangi terjadinya *microleakage*.<sup>3</sup>

Generasi ketiga ini adalah "generasi" pertama yang terikat tidak hanya untuk struktur gigi, tetapi juga untuk logam gigi dan keramik. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa retensi perekat dengan bahan-bahan ini mulai menurun setelah 3 tahun. Untuk mengurangi adanya sensitivitas setelah penumpatan pada gigi posterior, beberapa dokter gigi mengaplikasikan basis sebelum dilakukan penumpatan komposit.<sup>4</sup>



Gambar 1. Keadaan serat kolagen setelah etsa dentin (scanning elektron mikroskop X5000; dicetak ulang dengan izin dari PN Mason).



Gambar 2. Hybrid layer yang terbentuk (pemeriksaan mikroskop elektron x 1.550).

#### GENERASI KEEMPAT

Penghilangan secara keseluruhan *smear layer* dicapai dengan sistem bonding generasi keempat. Untuk menghasilkan ikatan pada email dan dentin, Fusayama dkk melakukan etsa dengan asam fosfat 40%.<sup>19</sup> Sayangnya prosedur ini menyebabkan kerusakan serat kolagen karena proses etsa yang tak terkontrol pada dentin. Pada tahun 1982, Nakabayashi dkk melaporkan pembentukan *hybrid layer* yang dihasilkan dari polimerisasi metakrilat dan dentin. *Hybrid layer* didefinisikan sebagai struktur yang

terbentuk dalam jaringan keras gigi (enamel, dentin, sementum) oleh demineralisasi permukaan yang diikuti oleh infiltrasi dari monomer dan kemudian mengalami polimerisasi.<sup>27</sup>

Penggunaan teknik total etsa adalah salah satu ciri utama dari sistem bonding generasi keempat.<sup>20,24</sup> Teknik total etsa membolehkan etsa enamel dan dentin secara simultan dengan menggunakan asam fosfat selama 15 sampai 20 detik. Permukaan harus dibiarkan lembab ("ikatan basah"), untuk menghindari kerusakan kolagen (Gambar 1), penerapan bahan primer hidrofilik dapat masuk ke jaringan kolagen yang terbuka membentuk *hybrid layer* (Gambar 2).<sup>21,23</sup> Sayangnya, "dentin lembab" tidak mudah didefinisikan secara klinis dan dapat mengakibatkan ikatan yang kurang ideal jika dentin tersebut kondisinya terlalu basah atau kering.<sup>28</sup>

#### GENERASI KELIMA

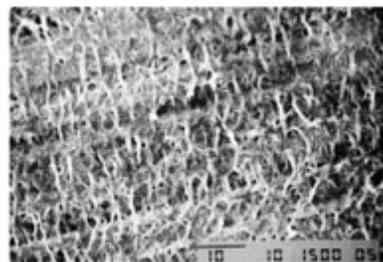
Mulai dikenalkan pada pertengahan tahun 1990-an. Sistem bonding ini bertujuan untuk menyederhanakan prosedur klinis dengan mengurangi langkah aplikasi bonding dan mempersingkat waktu kerja. Generasi kelima ini dikembangkan untuk membuat penggunaan bahan bonding lebih dapat diandalkan bagi para praktisi. Generasi kelima disebut *one-bottle* yang merupakan kombinasi antara bahan primer dan bahan adhesif dalam satu cairan untuk diaplikasikan setelah etsa enamel dan dentin secara bersama-sama (*the total-etch wet-bonding technique*) dengan 35-37% asam fosfat selama 15 sampai 20 detik.<sup>17</sup> Sistem ini menghasilkan *mechanical interlocking* melalui etsa dentin, terbentuknya resin *tags*, percabangan bahan adhesif dan pembentukan *hybrid layer* serta menunjukkan kekuatan perlekatan yang baik pada email dan dentin.<sup>3</sup>

#### GENERASI KEENAM

Mulai dikenalkan pada akhir tahun 1990-an hingga awal tahun 2000-an. Watanabe dan Nakabayashi mengembangkan *self-etching primer* yang merupakan larutan 20% *phenyl-P* dalam 30% HEMA untuk bonding email dan dentin secara bersama-sama.<sup>35</sup>

Kombinasi antara etsa dan bahan primer merupakan suatu langkah yang dapat mempersingkat waktu kerja, meniadakan proses pembilasan etsa dengan air dan juga mengurangi risiko kerusakan kolagen. Namun, *self-etching primer* juga memiliki beberapa kelemahan. Sebagai contoh, penyimpanan larutan harus diperhatikan supaya formulasi cairan tidak mudah rusak, dan seringkali menyisakan *smear layer* diantara bahan adhesif dan dentin.<sup>18,28</sup> Efektivitas *self-etching primer* pada permukaan email ternyata kurang kuat hasilnya bila dibandingkan etsa dengan asam fosfat (Gambar 3).<sup>18</sup> Toida menyarankan bahwa penghilangan *smear*

layer dengan langkah etsa terpisah sebelum aplikasi bonding akan menghasilkan perlekatan dengan dentin yang kuat dan tahan lama. Generasi keenam ini mempunyai kekuatan bonding yang lemah bila dibandingkan dengan generasi kelima atau keempat.<sup>33</sup>



Gambar 3. Permukaan email setelah dietsa dengan *self-etching primer*, perlekatan permukaan email kurang kuat bila dibandingkan etsa dengan asam fosfat (scanning electron microscopy x 1.500).

#### GENERASI KETUJUH

Sistem Bonding Generasi ketujuh merupakan bahan adhesif "*all in one*" yaitu kombinasi antara bahan etsa, bahan primer, dan bonding dalam satu larutan. Mulai dikenalkan pada akhir tahun 2002-an. Hasil penelitian di laboratorium menunjukkan hasil bahwa generasi ini memiliki kekuatan perlekatan dan penutupan daerah margin sama dengan sistem generasi keenam.<sup>34</sup>

#### DISKUSI

Sistem etsa yang dilakukan pada email masih dianggap sebagai prosedur yang aman dan terpercaya selama bertahun-tahun. Karena komposisi bahan anorganik dari email, adanya etsa asam dapat memecah interprismatik dan prismatic, membentuk alur-alur di mana resin dapat mengalir dan membentuk suatu sistem *mechanical interlocking* setelah dilakukan polimerisasi. Demineralisasi enamel tergantung pada rendahnya pH asam dari etsa dan lamanya waktu pengetsaan. PH dan lamanya etsa tersebut harus cukup untuk memberikan retensi yang cukup pada email tanpa adanya langkah-langkah tambahan. Penelitian morfologi telah dilakukan pada lima generasi pertama dari sistem bonding ini, dimana asam fosfat digunakan untuk etsa email, menunjukkan hasil pola etsa yang hampir sama. Hal ini berbeda bila menggunakan *self-etching primer* (generasi keenam dan ketujuh), perlekatan bahan adhesif pada email menjadi kurang efektif.

Mekanisme perlekatan pada dentin menjadi efektif dan dapat diperkirakan jika *smear layer* dapat dihilangkan secara keseluruhan, tubuli-tubuli dentin menjadi rusak, serat kolagen menjadi terbuka, dan

setelah infiltrasi monomer resin, *hybrid layer* terbentuk. Mekanisme perlekatan ini terjadi pada generasi keempat sampai generasi ketujuh dari *enamel dentin bonding systems*.

Adanya berbagai macam indikasi klinis dalam sistem bonding ini ternyata juga digunakan oleh para praktisi. Sistem bonding ini digunakan sebagai campuran bahan tambalan resin ke email untuk pasien-pasien usia muda.<sup>32</sup> Juga, efek *sealing* dari sistem bonding ini dimanfaatkan untuk melindungi permukaan dentin setelah preparasi kavitas<sup>14</sup> atau di bawah restorasi amalgam.<sup>7,16</sup>

Sistem bonding ini diindikasikan untuk restorasi estetik yang *direct*. Bahkan, sifat mekanik dari mekanisme bonding bisa dicapai dengan adanya *hybrid layer* dan pembentukan resin *tags* yang lebih besar dibandingkan dengan kekuatan kontraksi polimerisasi.<sup>28</sup> Sistem bonding ini juga mempunyai peran penting dalam perlekatan luting pada *indirect restoration*.<sup>30</sup>

#### KESIMPULAN

Untuk memenuhi kebutuhan estetik gigi pasien yang terus berkembang, maka perbaikan material dan prosedur telah dibuat untuk menghasilkan tampilan gigi yang lebih baik dan alami dengan restorasi estetik *direct* dan *indirect*. Restorasi Estetik melibatkan sistem bonding untuk mendapatkan suatu retensi yang kuat dan tahan lama. Dengan demikian, sistem bonding yang ideal harus biokompatibel, melekat dengan baik pada email dan dentin, memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban kunyah, memiliki sifat mekanik yang mirip dengan struktur gigi, tahan terhadap degradasi lingkungan rongga mulut dan mudah dalam pengaplikasiannya.

Sifat mekanis dari mekanisme bonding dicapai dengan adanya pembentukan *hybrid layer* dan resin *tags* yang lebih besar dibandingkan dengan kekuatan kontraksi. Meskipun telah dilakukan perbaikan dan pengembangan terhadap sistem bonding selama 30 tahun terakhir, persyaratan mengenai sistem bonding yang ideal sangat mirip dengan apa yang sudah ditunjukkan oleh Buonocore.<sup>12</sup>

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Albers HF. Dentin-resin bonding. *Adept Report*. 1990;1:33-34
2. American Dental Association Council on Dental Materials. *Instruments and equipment Dentin bonding systems: an update*. JADA 1987; 114: 91-5.
3. Ara Nazarian, DDS. *The Progression of Dental Adhesives*. A Peer-Reviewed Publication.  
[http://www.kerrdental.com\\_index cms-file system-action\\_file=KerrDental-Products-Articles\\_adhesives-nazarian](http://www.kerrdental.com_index cms-file system-action_file=KerrDental-Products-Articles_adhesives-nazarian)
4. Barkmeier WW, Latta MA. *Bond strength of Dicor using adhesive systems and resin cement*. J Dent Res. 1991;70(Abstract):525
5. Barkmeier WW, Gwinnett AJ, Shaffer SE. *Effects of enamel etching time on bond strength and morphology*. J Clin Orthod 1985;19(1):36-8
6. Baum, Philip, Lund. *Textbook of Operative Dentistry*. 3<sup>rd</sup> Edition. 1995. W.B. Saunders Company
7. Belcher MA, Stewart GP. *Two-years clinical evaluation of an amalgam adhesive*. JADA 1997;128:309-14
8. Bowen RL. *Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues II. Bonding to dentin promoted by a surface-active comonomer*. J Dent Res 1965;44:895-902
9. Buonocore M, Wileman W, Brudevold F. *A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces*. J Dent Res 1956;35:846-51
10. Buonocore MG. *A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces*. J Dent Res 1955;34:849-53
11. Buonocore MG, Matsui A, Gwinnett AJ. *Penetration of resin dental materials into enamel surfaces with reference to bonding*. Arch Oral Biol 1968;13(1):61-70
12. Buonocore MG. *Principles of adhesive retention and adhesive restorative materials*. JADA 1963;67:382-91
13. Cagidiaco MC. *Bonding to dentin* (Ph.D. thesis). Amsterdam, The Netherlands: Acta University, 1995.
14. Cagidiaco MC, Ferrari M, Garberoglio R, Davidson CL. *Dentin contamination protection after mechanical preparation for veneering*. Am J Dent 1996;9(2):57-60
15. Duke ES, Lindemuth J. *Variability of clinical dentin substrates*. Am J Dent 1991; 4: 241-6.
16. Eakle WS, Staninec M. *Effect of bonded amalgam on fracture resistance of teeth*. J Prosthet Dent 1992;68:257-60
17. Ferrari M, Goracci G, Garcia-Godoy F. *Bonding mechanism of three "one-bottle" systems to conditioned and unconditioned enamel and dentin*. Am J Dent 1997;10:224-30

18. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Davidson CL. *Effect of two etching times on the sealing ability of Clearfil Liner Bond 2 in Class V restorations.* Am J Dent 1997;10(2):66-70
19. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. *Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin.* J Dent Res 1979;58:1364-72
20. Gwinnett AJ. *Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding.* Am J Dent 1993;6(1):7-9
21. Gwinnett AJ, Tay FR, Wei SHY. *Bridging the gap between overly dry and overwet bonding phenomenon of dentin hybridization and tubular seal.* In: Shimono M, Maeda T, Suda H, Takayashi K, eds. *Dentin/pulp complex.* Tokyo: Quintessence; 1996:359-63
22. Jorg-Peter Rabanus, Dr. *Dental Teeth Bonding Procedures.* Aesthetic Dentistry San Francisco. 2003
23. Kanca J. *Wet bonding. Effect of drying time and distance.* Am J Dent 1996;9:273-6
24. Kanca J. *A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dentin-enamel conditioner.* Quintessence Int 1991;22:285-90
25. Kugel G, Habib C, Zammiti S. *Enamel and dentin surfaces after treatment with adhesion conditioners using the environmental SEM (abstract 2260).* J Dent Res 1993;72:386.
26. McLean JW, Kramer IRH. *A clinical and pathological evaluation of a sulphinic acid activated resin for use in restorative dentistry.* Br Dent J 1952;93:255-69, 291-3
27. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. *The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth states.* J Biomed Mat Res 1982; 16: 265-73.
28. Nakabayashi N, Pashley DH. *Hybridization of dental hard tissues.* Tokyo: Quintessence; 1998
29. Pashley DH, Michelich V, Kehl T. *Dentin permeability: effects of smear layer removal.* J Prosthet Dent 1981;46:531-7
30. Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. *Dental luting agents: a review of the current literature.* J Prosthet Dent 1998;80:280-301
31. Silverstone LM. *Fissure sealants: laboratory studies.* Caries Res 1974;8:2-26
32. Swift EJ. *The effect of sealants on dental caries: a review.* JADA 1988;116:700-4
33. Toida K, Watanabe A, Nakabayashi N. *Effect of smear layer on bonding to dentin prepared with bur.* J Jpn Dent Mater 1995;14:109-16
34. Van Meerbeek B, Inoue S, Pedigao J, et al. *In Fundamentals of Operative Dentistry, 2nd Ed.* Carol Stream, Ill: Quintessence Publishing. 2001; 194-214.
35. Watanabe I, Nakabayashi N. *Bonding durability of photocured Phenyl-P in TEGDMA to smear layer-retained bovine dentin.* Quintessence Int. 1993; 24: 335-42