

**EFEK PERENDAMAN PADA AKUADES TERHADAP KEKUATAN IKAT
TARIK BAHAN *SELF ETCH ADHESIVE* UNIVERSAL DUA TAHAP**

SKRIPSI

*Diajukan kepada Universitas Hasanuddin untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Mencapai Gelar Sarjana Kedokteran Gigi*



ADINDA MAHARANI

J011201044

DEPARTEMEN KONSERVASI GIGI

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

**EFEK PERENDAMAN PADA AKUADES TERHADAP KEKUATAN IKAT
TARIK BAHAN *SELF ETCH ADHESIVE* UNIVERSAL DUA TAHAP**

SKRIPSI

*Diajukan kepada Universitas Hasanuddin untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
untuk Mencapai Gelar Sarjana Kedokteran Gigi*

ADINDA MAHARANI

J011201044

DEPARTEMEN KONSERVASI GIGI

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Efek Perendaman Pada Akuades Terhadap Kekuatan Ikat Tarik Bahan
Self Etch Adhesive Universal Dua Tahap

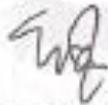
Oleh : Adinda Maharani / J011201044

Telah Diperiksa dan Disahkan

Pada Tanggal 9 November 2023

Oleh :

Pembimbing



drg. Wahyuni Suci Dwiandhany, Sp.KG(K), Ph.D

NIP. 198601022014042001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi



Universitas Hasanuddin



drg. Irfan Sugianto, M.Med.Ed., Ph.D

NIP. 198102152008011009

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan mahasiswa yang tercantum di bawah ini:

Nama : Adinda Maharani

NIM : J011201044

Judul : Efek Perendaman Pada Akuades Terhadap Kekuatan Ikat Tarik
Bahan *Self Etch Adhesive* Universal Dua Tahap

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul yang diajukan adalah judul baru dan tidak terdapat di Perpustakaan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin.

Makassar, 9 November 2023

Koordinator Perpustakaan FKG Unhas



Amruddin, S.Sos

NIP. 19661121 199201 1 003

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adinda Maharani

NIM : J011201044

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Efek Perendaman Pada Akuades Terhadap Kekuatan Ikat Tarik Bahan *Self Etch Adhesive* Universal Dua Tahap" benar merupakan karya saya. Judul skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi. Jika di dalam skripsi ini terdapat informasi yang berasal dari sumber lain, saya nyatakan telah disebutkan sumbernya di dalam daftar pustaka.

Makassar, 9 November 2023



Adinda Maharani

J011201044

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI PEMBIMBING

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Pembimbing:

Tanda Tangan

1. drg. Wahyuni Suci Dwiandhany, Sp.KG(K), Ph.D.



Judul Skripsi:

Efek Perendaman Pada Akuades Terhadap Kekuatan Ikat Tarik Bahan *Self Etch Adhesive* Universal Dua Tahap.

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul seperti tersebut di atas telah diperiksa, dikoreksi dan disetujui oleh pembimbing untuk dicetak dan/atau diterbitkan.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji Syukur bagi Allah SWT atas limpahan Rahmat, taufik, serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Efek Perendaman Pada Akuades Terhadap Kekuatan Ikat Tarik Bahan *Self Etch Adhesive* Universal Dua Tahap” ini tepat pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa berbagai kesulitan dan rintangan dalam penyusunan skripsi ini tidak dapat dilewati tanpa adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. **drg. Irfan Sugianto, M.Med.Ed., Ph.D.**, selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan motivasi kepada seluruh mahasiswa dalam menyelesaikan skripsi tepat waktu.
2. **drg. Wahyuni Suci Dwiandhany, Sp.KG(K), Ph.D.**, selaku pembimbing skripsi yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran, untuk memberikan bimbingan motivasi, petunjuk, dan saran kepada penulis dalam penulisan proposal hingga laporan akhir sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan berjalan dengan lancar.
3. **drg. Nurhayati Natsir, Ph.D., Sp.KG(K), dan Prof. Dr. drg. Ardo Sabir, M.Kes.**, selaku penguji skripsi yang telah memberikan nasehat, saran dan masukan pada saat ujian seminar proposal hingga seminar hasil.

4. **Prof. Dr. drg. Ardo Sabir, M.Kes.**, selaku dosen Penasehat Akademik yang telah memberikan arahan, bimbingan, dukungan serta motivasi selama menyelesaikan masa studi.
5. Kepada kedua orang tua penulis, **Muhammad Shalihin** dan **Dewi T. Lamato** serta adik kandung penulis, **Siti Athirah Asmarani** dan **Muhammad Abidzar Fitratullah Shalihin**. Terima kasih atas doa, kasih sayang, dukungan batin, materi, dan bantuan tak ternilai lainnya yang telah diberikan kepada penulis hingga mencapai titik ini. Semoga Ayah dan Ibu selalu sehat, Bahagia, dan semua berkah yang diberikan dapat dibalas oleh Allah SWT dengan cara sebaik-baiknya *'Aamiin ya Rabbal'alamin'*.
6. Dan salah satu hadiah kecil untuk yang selalu penulis rindukan dan sudah tidak bisa ditemui secara langsung, nenek tercinta **almh. Hj. Kasmiah Saleh** dan tante tersayang **almh. Habsari Lamato** yang selalu mendoakan penulis selama hidupnya, memberikan penulis nasihat untuk selalu berbuat baik kepada teman-teman di perantauan, serta memberikan penulis banyak dorongan untuk manggapai cita-cita yang diinginkan.
7. Kepada **Keluarga Besar Saenong Ibrahim dan Keluarga Besar Lamato** yang selalu memberikan semangat dan motivasi untuk menyelesaikan kuliah penulis dengan baik serta memberikan penulis banyak bantuan selama menyelesaikan kuliah. Semoga kita semua diberikan kesehatan dan kebahagiaan oleh Allah SWT *'Aamiin ya Rabbal'alamin'*.

8. Teman-teman seperjuangan skripsi **Arkan Miftah Irwanto dan Ozwan Sayed Ahmad** yang senantiasa berjuang bersama dalam menyelesaikan skripsi.
9. Sahabat tercinta penulis dari maba hingga saat ini, **Lambe; Joice Ingrid Imanuela, Erna Arminta Sutanto, Eser Suryanti Sambara, A. Arigoh Asjad, Muh. Fadil Fauzan, Ulfia Ainil Syahrani, Muh. Chaerul Gunawan, Andi Adelya Nurmadhani, Andi Athalia Savitri, Nur Fadilah Warapsari, Aslam Mubarak, Muh. Ridzki Putra, Faziah Syardilla Syah, Imam Ahmad Ramadhan, dan Raditya Nasrullah** yang telah kebersamai, mendukung satu sama lain, memberikan motivasi, mendengar segala keluh kesah selama perkuliahan berlangsung. Terima kasih atas kebersamaan, suka, duka serta kebaikannya yang membuat masa preklinik penulis menjadi lebih berwarna. *See you on top brother sister.*
10. Teman-teman penulis **Rifkah, Alfian, Faris, Ikram, Heri, Allu, Isra, dan Mileanya Dilan** yang memberikan penulis penyemangat yang tiada henti, selalu mau direpotkan, serta selalu menjadi tempat penulis berbagi cerita tentang apapun yang dilalui.
11. Kepada **Korps Asisten Dental Material** yang telah kebersamai dan menyadarkan penulis bahwa pengetahuan perlu digali dan terus disebarakan dengan satu tujuan utama, yakni berkontribusi terhadap penyebaran ilmu.

12. Teman-teman seperjuangan **KKN-PK 63 Desa Galesong Timur** dan **Warga Ruang Tamu**, terima kasih sudah memberikan warna dan cerita tersendiri bagi penulis
13. Seluruh teman-teman **Artikulasi 2020** yang telah memberikan pengalaman dan pembelajaran selama dibangku kuliah ini. Terima kasih atas kebersamaannya dari awal hingga akhir perkuliahan.
14. Seluruh dosen pengajar, staf akademik, staf perpustakaan, serta semua pihak yang memberikan support kepada penulis namun tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih atas bantuan, semangat, dan doa baik yang diberikan kepada penulis selama ini.
15. Adinda Maharani, *last but not least*, ya! Diri sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih telah berusaha dan tidak menyerah, serta senantiasa menikmati setiap prosesnya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, karena dengan segala keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang masih harus penulis tingkatkan lebih baik ke depannya. Untuk itu, penulis sangat menerima kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Semoga skripsi ini bermanfaat untuk siapapun yang membacanya, secara khusus untuk berbagai pihak yang berkaitan dengan Kedokteran Gigi.

Makassar, 9 November 2023

Penulis

EFEK PERENDAMAN PADA AKUADES TERHADAP KEKUATAN IKAT TARIK BAHAN *SELF ETCH ADHESIVE* UNIVERSAL DUA TAHAP

ABSTRAK

Latar Belakang: Ketahanan ikatan adhesif antara resin dan struktur gigi sangat penting untuk ketahanan restorasi adhesif. Penurunan kekuatan ikatan yang signifikan setelah penggunaan jangka panjang dapat menurunkan tingkat keberhasilan restorasi. Penelitian menunjukkan bahwa struktur ikatan resin-dentin terdegradasi khususnya di daerah lapisan hibrida seiring dengan bertambahnya waktu. Bahan adhesif universal dapat digunakan sebagai *self-etch* baik secara satu tahap maupun dua tahap. Kelemahan utama dari 1- SEA terkait dengan hidrofilisitasnya yang berlebihan yang membuat lapisan adhesif lebih rentan untuk menarik air dari substrat yang lembab secara intrinsik sehingga rentan terhadap degradasi. Untuk mengatasi masalah tersebut, dikembangkan bahan adhesif universal dua tahap 2-SEA. **Tujuan:** Mengetahui efek perendaman pada akuades terhadap kekuatan ikat tarik bahan *self-etch adhesive* universal dua tahap antara kekuatan ikat dentin sebelum dan sesudah perendaman dan untuk mengetahui kekuatan ikat tarik bahan *self-etch adhesive* universal dua tahap terhadap dentin sebelum dan sesudah perendaman pada akuades. **Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian jenis eksperimental laboratoris. **Hasil:** Terdapat penurunan kekuatan ikatan setelah penyimpanan air yang lama dan terjadi kegagalan ikatan antara bahan adhesif (resin) dan jaringan dentin dari waktu ke waktu, sehingga menurunkan kekuatan ikat pada lapisan adhesif. **Kesimpulan:** Efek perendaman pada akuades selama 3 bulan dapat menurunkan kekuatan ikatan dan terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok perendaman dan tanpa perendaman.

Kata Kunci: Kekuatan Ikat Tarik, *Self Etch Adhesive Universal*, Perendaman

EFFECT OF WATER STORAGE IN AQUADES ON THE TENSILE BOND STRENGTH OF TWO-STAGE UNIVERSAL SELF ETCH ADHESIVE

ABSTRAK

Background: The durability of the adhesive bond between the resin and the tooth structure is very important for the durability of the adhesive restoration. A significant decrease in bond strength after long-term use can decrease the success rate of the restoration. Research shows that the resin-dentin bond structure is degraded especially in the hybrid layer area with increasing time. Universal adhesive material can be used as a self-etch either in one stage or two stages. The main disadvantage of 1-SEA is related to its excessive hydrophilicity which makes the adhesive layer more susceptible to attracting water from the intrinsically moist substrate and thus susceptible to degradation. To overcome this problem, a two-stage universal adhesive was developed. **Objective:** To determine the effect of immersion in distilled water on the tensile bond strength of two-stage universal self-etch adhesive material between the bond strength of dentin before and after immersion and to determine the tensile bond strength of two-stage universal self-etch adhesive material on dentin before and after immersion in distilled water. **Method:** This research is a laboratory experimental type of research. **Results:** There was a decrease in bond strength after long water storage and bond failure occurred between the adhesive material (resin) and dentin tissue over time, thereby reducing the bond strength of the adhesive layer. **Conclusion:** The effect of soaking in distilled water for 3 months can reduce bond strength and there is a significant difference between the soaking and non-soaking groups.

Keywords: *Tensile Bond Strength, Universal Self Etch Adhesive, Water Storage*

DAFTAR ISI

BAB I	0
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.3.1 Tujuan Umum	3
1.3.2 Tujuan Khusus	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Manfaat Teoritis	4
1.4.2 Manfaat Praktik	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Etsa, <i>Primer</i> , dan <i>Bonding</i>	5
2.1.1 Etsa	5
2.1.2 <i>Primer</i>	5
2.1.3 <i>Bonding</i>	6
2.2 Sistem Adhesif Etsa dan <i>Bonding</i>	6
2.2.1 <i>Total etch</i>	7
2.2.2 <i>Self-etch</i>	8
2.2.3 Sistem Adhesif Universal	11
2.3 Resin Komposit	12
2.4 Kekuatan Ikat (<i>Bond Strength</i>)	13
2.4.1 Faktor yang mempengaruhi <i>Bond Strength</i>	13
2.4.2 Uji daya ikat tarik	16
2.5 Gigi Sapi	17
BAB III	19
KERANGKA PENELITIAN	19
3.1 Kerangka teori	19

3.2 Kerangka konsep.....	20
3.3 Hipotesis.....	20
BAB IV	21
METODE PENELITIAN	21
4.1 Jenis penelitian	21
4.2 Desain penelitian.....	21
4.3 Waktu penelitian.....	21
4.4 Lokasi penelitian.....	21
4.5 Sampel penelitian.....	21
4.1.6 Perhitungan jumlah sampel.....	22
4.1.7 Variabel penelitian.....	23
4.1.8 Definisi operasional variabel penelitian	24
4.1.9 Alat dan bahan penelitian	24
4.2 Pelaksanaan penelitian.....	27
4.2.1 Prosedur kerja	27
4.2.2 Data	29
BAB V	31
HASIL PENELITIAN	31
BAB VI	35
PEMBAHASAN.....	35
BAB VII.....	37
PENUTUP.....	37
7.1 Kesimpulan.....	37
7.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perkembangan Etsa dan Bonding	7
Gambar 5.1 Alur Penelitian.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pabrik, komposisi, dan metode polimerisasi dari bahan adhesif dan komposit yang digunakan.....	26
Tabel 5.1 Hasil Uji Normalitas.....	31
Tabel 5.2 Hasil Uji Homogenitas.....	32
Tabel 5.3 <i>Independent Sample T-Test</i>	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penelitian.....	42
Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian.....	43
Lampiran 3 Data Penelitian Hasil Kekuatan Ikat Tarik.....	45
Lampiran 4 Hasil Olah Data.....	46
Lampiran 5 Undangan Seminar Hasil.....	47
Lampiran 6 Kartu Kontrol Bimbingan Skripsi.....	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Bahan adhesif di Kedokteran Gigi telah mengalami kemajuan selama beberapa dekade terakhir. Perkembangan bahan adhesif saat ini berfokus kepada penyederhanaan prosedur aplikasi untuk menghemat waktu, memperkecil kemungkinan kesalahan operator yang dapat mempengaruhi keberhasilan restorasi. Bahan adhesif merupakan salah satu faktor penting dalam restorasi resin komposit. Jaringan email dan dentin memiliki struktur yang berbeda sehingga berpengaruh terhadap perkembangan bahan adhesif.¹⁻³

Sistem adhesif *total etch*, *self-etch*, dan universal merupakan bahan adhesif yang banyak digunakan. Bahan adhesif universal dapat digunakan sebagai *self-etch* baik secara satu tahap maupun dua tahap. Sistem 1-SEA menggabungkan primer dan bonding hidrofobik dalam 1 botol sediaan sehingga memiliki kelebihan dalam penyederhanaan dan pengurangan waktu kerja. Namun, kelemahan utama dari 1-SEA terkait dengan hidrofilisitasnya yang berlebihan yang membuat lapisan adhesif lebih rentan untuk menarik air dari substrat yang lembab secara intrinsik sehingga rentan terhadap degradasi.

Perbedaan mekanisme adhesi akibat variasi penggunaan sistem *bonding* mempengaruhi kualitas *hybrid layer* yang terbentuk. Kualitas *hybrid layer* dapat bervariasi dan salah satunya dipengaruhi oleh kemampuan monomer resin untuk

berpenetrasi ke dalam dentin terdemineralisasi. Kualitas *hybrid layer* yang baik akan menghasilkan kekuatan perlekatan yang baik antara resin komposit dan dentin.^{1,4,5}

Ketahanan ikatan adhesif antara resin dan struktur gigi sangat penting untuk ketahanan restorasi adhesif. Secara klinis, kerusakan marginal komposit resin merupakan faktor utama yang dapat mempersingkat ikatan masa pakai komposit pada gigi. Proses mastikasi pada rongga mulut dapat melemahkan integritas ikatan resin-struktur gigi, sehingga dapat menyebabkan kebocoran mikro atau nano.⁴

Sebagian besar bahan adhesif saat ini mampu mencapai nilai kekuatan ikatan yang tinggi segera setelah polimerisasi. Namun, seperti yang dilaporkan oleh beberapa peneliti, penurunan kekuatan ikatan yang signifikan setelah penggunaan jangka panjang dapat menurunkan tingkat keberhasilan restorasi. Penelitian menunjukkan bahwa struktur ikatan resin-dentin terdegradasi khususnya di daerah lapisan hibrida seiring dengan bertambahnya waktu. Studi laboratorium *in-vitro* menunjukkan penurunan kekuatan ikatan setelah penyimpanan di dalam air pada wadah dalam jangka waktu yang lama khususnya pada system adhesif 1-SEA. Untuk mengatasi masalah tersebut, dikembangkan bahan adhesif universal dua tahap. Pada penelitian sebelumnya telah banyak diteliti efek perendaman pada kekuatan ikat bahan adhesif, namun masih sedikit informasi mengenai sistem 2-SEA universal, sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai bahan *self-etch* adhesif universal dua tahap.⁴⁻⁷

Berdasarkan uraian tersebut, maka timbul gagasan untuk melakukan penelitian yang mengevaluasi dan membandingkan efek perendaman pada akuades terhadap kekuatan ikat tarik bahan *self-etch adhesive universal* dua tahap.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan pada latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana efek perendaman pada akuades terhadap kekuatan ikat tarik bahan *self-etch adhesive universal* dua tahap?
2. Apakah terjadi perbedaan yang signifikan terhadap kekuatan ikat tarik bahan *self-etch adhesive universal* dua tahap terhadap dentin sebelum dan sesudah perendaman pada akuades?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui efek perendaman pada akuades terhadap kekuatan ikat tarik bahan *self-etch adhesive universal* dua tahap terhadap dentin.

1.3.2 Tujuan Khusus

Mengetahui kekuatan ikat tarik bahan *self-etch adhesive universal* dua tahap terhadap dentin sebelum dan sesudah perendaman pada akuades.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini, dapat memberikan informasi ilmiah mengenai efek perendaman pada akuades terhadap kekuatan ikat tarik bahan *self-etch adhesive* universal dua tahap terhadap dentin.

1.4.2 Manfaat Praktik

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai landasan pengetahuan bagi dokter gigi untuk memperdalam pengetahuan mengenai performa *bonding* jangka panjang *self-etch adhesive* universal dua tahap, sehingga dapat dijadikan dasar pertimbangan dalam pemilihan bahan adhesif di klinik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Etsa, *Primer*, dan *Bonding*

2.1.1 Etsa

Etsa pertama kali diperkenalkan pada tahun 1955 oleh Michael Buonocore. Buonocore menemukan bahwa asam dapat digunakan untuk preparasi permukaan gigi sebelum aplikasi *bonding*. Secara teknis, pengaplikasian etsa mengubah retensi makromekanis menjadi mikromekanis, sehingga prosedur restorasi menjadi lebih minimal invasif. Selain itu, sistem adhesif dapat dengan mudah berikatan dengan email dan dentin sehingga dapat meminimalkan preparasi kavitas. Etsa mengandung asam yang dapat melarutkan struktur gigi untuk memberikan retensi bagi restorasi. Etsa juga dikenal sebagai kondisioner. Etsa yang paling sering digunakan adalah asam fosfat 37%.^{8,9}

2.1.2 *Primer*

Primer adalah larutan yang mengandung monomer hidrofilik yang dilarutkan dalam pelarut seperti aseton, etanol, atau air untuk mempermudah aliran dan penetrasi ke dalam dentin hidrofilik, yang dapat mempengaruhi kekuatan ikatan yang dihasilkan. *2-hydroxylethyl methacrylate* (HEMA) merupakan monomer yang sering digunakan pada primer karena sangat hidrofilik dan memiliki sifat sebagai pelarut. Pada sistem adhesif *self-etch*, primer yang digunakan adalah monomer asam.^{9,11}

2.1.3 Bonding

Secara umum, *bonding* meningkatkan kekuatan ikatan resin komposit pada email dan dentin, dan meningkatkan kekuatan restorasi. Ikatan dan adhesi terdiri dari mekanisme fisik, kimia, dan mekanik yang memungkinkan perlekatan dan pengikatan satu zat ke zat lain. Sistem adhesif memiliki tiga fungsi penting;

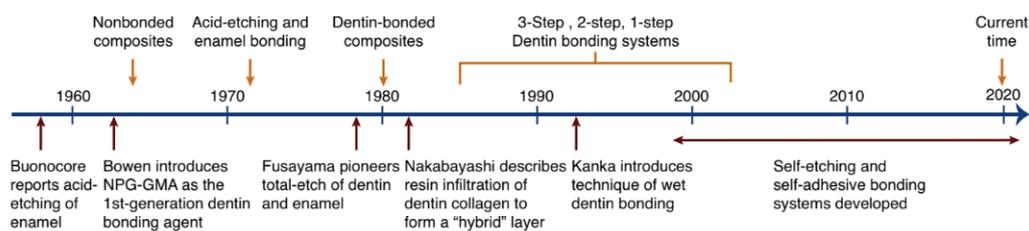
- 1) Mencegah pemisahan substrat yang melekat dari bahan restoratif atau semen;
- 2) Mendistribusikan tegangan/*stress* pada permukaan *bonding*;
- 3) Menutup antarmuka/permukaan melalui ikatan adhesif antara dentin dan/atau email dan bahan yang direkatkan, sehingga meningkatkan ketahanan terhadap kebocoran mikro dan mengurangi risiko sensitivitas pasca perawatan, perubahan warna pada tepi restorasi, dan karies sekunder.

Bonding merupakan bahan resin dengan atau tanpa filler yang terdiri dari HEMA untuk meningkatkan kekuatan ikatan bahan adhesif yang bersifat hidrofobik dan berfungsi untuk membentuk *hybrid layer* dan berpenetrasi ke dalam struktur gigi dan membentuk *resin tag*.⁹

2.2 Sistem Adhesif Etsa dan Bonding

Selama bertahun-tahun, ada banyak klasifikasi bahan adhesif yang telah dikemukakan oleh banyak peneliti. Beberapa di antaranya didasarkan pada generasi, jumlah langkah klinis dan strategi adhesif. Sistem adhesif telah berkembang baik mengenai komposisi, mekanisme, dan jumlah langkah klinis

yang diperlukan untuk penerapannya. Hal ini memungkinkan sensitivitas teknik yang lebih rendah dan tingkat kinerja yang sebanding pada email dan dentin. Sistem adhesif saat ini diklasifikasikan menjadi *total-etch* (etch dan bilas), *self-etch* dan *universal*.^{10,11}



Gambar 2.1. Perkembangan Etsa dan *Bonding*⁹

2.2.1 Total etch

Sistem adhesif *Total-Etch* atau yang biasa dikenal dengan *etch and rinse* merupakan generasi sistem adhesif yang paling lama. Sistem adhesif *total-etch* tiga langkah diperkenalkan pada awal 1990-an, yang melibatkan etsa asam, *primer* dan *bonding* dalam botol yang terpisah. Sistem adhesif *etch and rinse* ditandai dengan langkah awal pengaplikasian etsa kemudian diikuti dengan prosedur pembilasan yang bertujuan untuk menghilangkan *smear layer* dan *smear plug*. Sistem adhesif *etch and rinse* dua tahap merupakan perkembangan dari sistem adhesif *etch and rinse* tiga tahap yang telah dikembangkan dengan menggabungkan *primer* dan menjadi satu larutan tunggal. Adhesif yang disederhanakan ini memiliki kemampuan lebih rendah untuk menginfiltrasi substrat dentin yang terdemineralisasi, sehingga menghasilkan hibridisasi yang kurang optimal bila dibandingkan dengan sistem *etch and rinse* tiga langkah. Selain itu, sifat hidrofilik dari *etch and rinse* dua langkah lebih rentan terhadap

penyerapan air dan mengakibatkan lebih rentan terhadap pengaruh degradasi hidrolitik.¹¹

Teknik *etch and rinse* dianggap sangat sensitif, karena dentin yang terlalu kering menyebabkan serat kolagen yang terdemineralisasi kolaps dan difusi monomer yang rendah di antara serat fibril, menghambat pembentukan *hybrid layer*. Dalam kondisi '*over-wet*', menyebabkan pemisahan antara komponen hidrofobik dan hidrofilik dari bahan adhesif, sehingga menghasilkan pembentukan rongga seperti gelembung dan gumpalan pada permukaan dentin-resin. Selain itu, adanya kelembaban yang berlebihan dapat menyebabkan polimerisasi monomer dan adsorpsi air yang tidak sempurna pada *hybrid layer*. Efek ini dapat menurunkan kualitas ikatan mekanik dari *hybrid layer* yang terbentuk sehingga menyebabkan degradasi dini. Meskipun adhesif *etch and rinse* masih menjadi standar emas untuk bahan adhesif dan adhesif tertua yang masih diproduksi dan dipasarkan, namun hal ini tidak mampu mencegah kebocoran nano dan celah antarmuka yang mempengaruhi daya tahan bahan adhesif. Sehingga bahan *self-etching* yang lebih sederhana mulai dikembangkan.¹¹

2.2.2 Self-etch

Sistem adhesive *Self-etch* hadir untuk mengontrol sensitivitas terhadap kelembaban dari teknik *etch and rinse* (ERA) serta untuk menyederhanakan prosedur klinis aplikasi adhesif untuk efisiensi waktu kerja. Sistem adhesif *self-etch* diklasifikasikan berdasarkan jumlah langkah aplikasi klinis yang terbagi menjadi dua langkah atau satu langkah. Komposisi dasar dari primer *self-etch* merupakan larutan monomer fungsional asam, dengan pH relatif lebih tinggi

daripada etsa asam fosfat. Oleh karena itu, adhesif *self-etch* telah diklasifikasikan menurut keasamannya; kuat ($\text{pH} \leq 1$), intermidiat ($\text{pH} = 1,5$), dan lemah ($\text{pH} \geq 2$). *Self-etch* adhesif asam lemah hanya sedikit mendemineralisasi dentin dan meninggalkan kristal hidroksiapatit di sekitar fibril kolagen. *Smear plug* tidak sepenuhnya terangkat dari tubulus dentin sehingga menyebabkan *hybrid layer* yang terbentuk lebih dangkal dengan ukuran submikron. Sedangkan pada *self-etch* adhesif kuat, dapat mendemineralisasi dentin sebanding dengan adhesif *etch and rinse*.¹¹

Sistem adhesif *self-etch* juga mengandung monomer hidrofilik HEMA. Karena berat molekul yang rendah, HEMA bertindak sebagai pelarut dan meminimalkan pemisahan fase serta meningkatkan ketercampuran komponen hidrofobik dan hidrofilik ke dalam larutan untuk meningkatkan pembasahan permukaan dentin. Sistem adhesif *self-etch* tidak memerlukan langkah aplikasi etsa asam yang terpisah karena telah mengandung monomer asam dengan bahan adhesif yang disederhanakan. Sistem *self-etch* memodifikasi "*smear layer*" yang menutupi dentin setelah preparasi dan menciptakan *hybrid layer* tipis dengan ketebalan 0,5-1,2 mm. Pada bahan adhesif *self-etch*, *resin tag* yang terbentuk cenderung dangkal (16 mm) dan sempit. Namun, karena keasaman yang rendah, "*smear layer*" atau "*smear plugs*" menghilangkan lubang tubulus yang umum terjadi setelah prosedur adhesif dan membatasi hibridisasi dentin peritubular dan pembentukan *resin tag*. Meskipun membentuk *hybrid layer* yang tipis, sistem ini menunjukkan ikatan kimia ke substrat dentin yang baik. Selain itu, adhesif *self-etch* diklaim dapat meminimalkan hipersensitivitas pasca perawatan, karena sisa

smear plugs yang terekspos lebih sedikit pada tubulus dentin menyebabkan aliran cairan dentin lebih sedikit terekspos daripada ikatan *etch-and-rinse*. Namun, pada jaringan email kemampuan etsa tidak mencukupi karena keasaman yang dihasilkan lebih rendah dan memiliki kekuatan ikat geser terhadap email yang lebih rendah dibandingkan dengan adhesif *etch-and-rinse*.¹¹

Berdasarkan langkah aplikasinya, *self-etch* dapat dikategorikan sebagai: *self-etch* dua langkah (2-SEA) yang sebagian besar bebas pelarut dan *self-etch* satu langkah (1-SEA) tergantung pada apakah primer *self-etch* dan resin adhesif secara terpisah atau digabungkan menjadi satu larutan tunggal. Sistem adhesif 2-SEA memerlukan penggunaan dua komponen terpisah dengan botol pertama berisi *primer* dan asam, dan botol kedua berisi resin hidrofobik. 2-SEA larutan *aqueous acidic* yang mengandung berbagai monomer vinil (monomer asam, hidrofilik dan hidrofobik) yang secara bersamaan dapat mengetsa dan berpenetrasi ke jaringan gigi, kemudian melakukan fotopolimerisasi dengan resin *bonding* sehingga membentuk ikatan antara substrat gigi dan bahan restoratif. Sedangkan sistem adhesif 1-SEA menggabungkan fungsi *self-etching* primer dan sistem adhesif dalam satu botol. Jenis sistem adhesif ini menggabungkan monomer fungsional asam, monomer hidrofilik, monomer hidrofobik, *filler*, air dan berbagai pelarut (aseton, etanol, butanol) dan komponen resin, dalam satu botol. Kehadiran monomer fungsional air dan asam dapat mengurangi daya tahan ikatan 1-SEA. Namun, kelemahan utama dari 1-SEA terkait dengan hidrofilisitasnya yang berlebihan yang membuat lapisan adhesif lebih rentan untuk menarik air dari substrat yang lembab secara intrinsik. Karena afinitas air yang meningkat, bahan

adhesif ini bertindak sebagai membran semi permeabel, bahkan setelah proses polimerisasi sehingga memungkinkan pergerakan air dari substrat melalui lapisan adhesif. Akibatnya, tetesan-tetesan air kecil dapat ditemukan pada batas antara lapisan adhesif dan bahan restorasi. Untuk mengatasi masalah tersebut, dikembangkan bahan adhesive universal.¹¹

2.2.3 Sistem Adhesif Universal

Sistem adhesif universal mulai digunakan sejak 2011 dalam praktik klinis. Sistem adhesif ini juga sering disebut "*multi-mode*" atau "*multi-purpose*" karena dapat digunakan dalam moda *self-etch* (SE), *etch-and-rinse* (ER), atau *selective enamel etching* (SEE). Untuk mengatasi kelemahan generasi sebelumnya dari adhesif *self-etch* satu langkah, bahan adhesif universal telah dikembangkan untuk dapat memungkinkan aplikasi adhesif dengan penggunaan etsa asam fosfat pada prosedur total etsa atau prosedur *selective-etch* untuk mencapai ikatan yang tahan lama dengan email dan telah teruji secara studi *in vitro* dan *in vivo*.¹¹⁻¹⁴

Komposisi adhesif universal berbeda dari sistem SEA saat ini dengan penggabungan monomer yang mampu menghasilkan adhesi ikatan kimia dan mikromekanis ke substrat gigi. Komposisi merupakan faktor penting yang harus diperhitungkan, karena sebagian besar adhesif ini mengandung monomer karboksilat dan/atau fosfat spesifik yang berikatan secara ionik dengan kalsium yang terdapat dalam hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6[\text{OH}]_2$), yang dapat mempengaruhi efektivitas ikatan. *10-Methacryloyloxydecyl Dihydrogen phosphate* (10-MDP) adalah monomer fungsional yang ditemukan pada adhesif generasi terbaru. 10-MDP merupakan monomer hidrofilik dengan sifat etsa ringan yang

memungkinkan adhesif universal digunakan dengan teknik moda etsa. Monomer 10- MDP yang diaplikasikan pada dentin akan membentuk garam MDP-kalsium yang berkontribusi pada perlindungan serat kolagen. Selain itu, bahan adhesif yang mengandung *biphenyl dimethacrylate* (BPDM), *dipentaerythritol pentaacrylate phosphoric acid ester* (PENTA) dan kopolimer asam polialkenoat dapat meningkatkan adhesi pada struktur gigi. Selain itu, matriks universal didasarkan pada kombinasi monomer hidrofilik (*2-hydroxyethyl methacrylate*/HEMA) hidrofobik (*decandiol dimethacrylate*/D3MA) dan *intermediate* (bis-GMA). Kombinasi sifat ini memungkinkan adhesif universal untuk membuat ikatan di antara celah substrat gigi hidrofilik dan restoratif resin yang bersifat hidrofobik dalam berbagai kondisi. Kemampuan ini memungkinkan klinisi untuk mengaplikasikan adhesif dengan teknik SEE yang menggabungkan keunggulan teknik *etch-and-rinse* pada email, dengan teknik *self-etch* pada dentin. Oleh karena itu, adhesif universal memiliki aplikasi yang jauh lebih luas daripada sistem 1-SEA.^{11-13,16,17}

2.3 Resin Komposit

Resin komposit merupakan bahan tumpatan berwarna dengan gigi. Istilah bahan komposit dapat pula didefinisikan sebagai bahan gabungan antara dua atau lebih bahan berbeda dengan sifat-sifat unggul atau lebih baik dari pada bahan itu sendiri. Untuk membantu perlekatan antara komposit dengan dentin atau email bahan yang digunakan adalah sistem adhesif, yang dapat terdiri dari etsa, *primer* dan *bonding*.¹⁸

Filler resin komposit pada umumnya berupa *silica glass* yang radiopak dengan penambahan barium atau stronsium, dan beberapa berupa *zirconia/silica glass*. Ukurannya bervariasi dan dilapisi dengan *silane* untuk memungkinkan berikatan dengan resin ketika dipolimersasi. Komponen penyusun lainnya yaitu inisiator yang berfungsi menginduksi polimerisasi pada kedalaman tertentu dengan waktu radiasi tertentu. Bahan ini antara lain *Camphoroquinone (CQ)*, *ivocerin*, *germanium based*, dan *phenylis (2,4,6-trimethylbenzoyl) phosphine oxide (TPO)*.²⁰

2.4 Kekuatan Ikat (*Bond Strength*)

2.4.1 Faktor yang mempengaruhi *Bond Strength*

Ketahanan ikatan adhesif antara resin dan struktur gigi sangat penting untuk ketahanan restorasi adhesif. Secara klinis, kerusakan marginal komposit resin merupakan faktor utama yang dapat mempersingkat ikatan masa pakai komposit pada gigi. Proses pengunyahan pada rongga mulut dapat melemahkan integritas ikatan resin-gigi, sehingga dapat menyebabkan kebocoran mikro atau nano. Ikatan dentin yang tahan lama dapat tercapai jika ikatan email dapat menutup margin restorasi dengan sempurna. Selain itu, untuk mencapai ikatan intraoral dan restorasi yang tahan lama diperlukan bahan adhesif dengan stabilitas hidrolitik (ketahanan terhadap degradasi kimia oleh air).^{4,9}

a) Degradasi resin adhesif

Kerusakan pada *hybrid layer* disebabkan oleh hidrolisis dan pemisahan fase (*leaching*) oleh monomer hidrofilik dan hidrofobik dan berinfiltrasi ke matriks dentin terdemineralisasi. *Leaching* disebabkan

penetrasi ke dalam ikatan silang yang longgar atau monomer hidrofilik pada bahan adhesif. Monomer hidrofilik yang terpolimerisasi dengan tidak sempurna menyebabkan degradasi di lingkungan yang berair dengan cepat. Elusi resin terus terjadi dan matriks kolagen yang sebelumnya diinfiltrasi resin terbuka dan mempercepat degradasi matriks dengan mengikis permukaan, meningkatkan luas permukaan dan memungkinkan masuknya air dan enzim yang lebih besar dan memicu hidrolisis kimiawi. Hidrolisis dianggap sebagai alasan utama degradasi resin di dalam lapisan hibrida, yang berkontribusi pada pengurangan kekuatan ikatan dari waktu ke waktu.²¹

b) Nanoleakage

Nanoleakage merupakan adanya area mikroporositas dibawah *hybrid layer* sehingga memungkinkan adanya celah antarmuka. *Nanoleakage* terbentuk oleh adanya diskrepansi antara demineralisasi dentin dan bahan adhesif yang berinfiltrasi yang biasanya terjadi pada sistem adhesif *total etch* dengan adanya celah diantara tepi marginal sepanjang permukaan resin dan dentin.²¹

c) Degradasi fibril kolagen

Degradasi juga dapat mempengaruhi matriks kolagen pada *hybrid layer*. Penetrasi monomer yang sempurna susah didapatkan pada permukaan fibril kolagen yang tidak beraturan dalam skala nano. Sehingga fibril yang tidak terlindungi oleh lapisan hidrofobik rentan terhadap degradasi. Air diklaim sebagai penyebab utama degradasi kolagen.²¹

d) Aktivitas kolagenolitik intrinsik dari mineralisasi dentin

Enzim kolagenase dalam dentin yang termineralisasi telah terbukti mempunyai peran penting dalam patologi jaringan keras gigi, termasuk degradasi *hybrid layer*. Adanya aktivitas kolagenolitik dan gelatinolitik pada dentin yang mengalami demineralisasi parsial merupakan bukti tidak langsung adanya matriks metalloproteinase (MMP) pada dentin manusia. Enzim-enzim MMP berpengaruh terhadap peningkatan proses kolagenolitik pada dentin karena dapat mendegradasi matriks kolagen, sehingga dapat berpengaruh juga terhadap *bond strength*.^{21,22}

e) Matriks metalloproteinase

MMP adalah kelas endopeptidase yang bergantung pada seng dan kalsium. Enzim endogen ini adalah komponen penting dalam banyak proses biologis dan patologis karena kemampuannya untuk mendegradasi hampir semua komponen matriks ekstraseluler. Beberapa MMP telah diidentifikasi di dalam dentin-pulpa dan mengandung setidaknya empat MMP: stromelysin-1 (MMP-3), kolagenase (MMP-8), dan gelatinase A dan B (masing-masing MMP-2 dan MMP-9).²²

Enzim-enzim Matriks Metaloproteinase (MMP) sebagai produk dari bakteri dapat aktif setelah teraktivasi oleh asam dan kemudian dapat memicu aktivitas kolagenolitik pada dentin setelah suasana asam pada dentin dapat dinetralkan oleh buffer dentin. Enzim-enzim MMP berpengaruh terhadap peningkatan proses kolagenolitik pada dentin karena

dapat mendegradasi matriks kolagen, sehingga dapat berpengaruh juga terhadap kualitas restorasi.^{21,22}

f) Cysteine cathepsins

Sistein Cathepsin adalah endopeptidase mirip papain yang berpartisipasi dalam proteolisis intraseluler di dalam kompartemen lisosom sel hidup. Cathepsin bertanggung jawab untuk pencernaan fibril kolagen yang terpapar pada antarmuka bahan adhesif. Penelitian menunjukkan adanya korelasi antara MMP dan aktivitas sistein cathepsin baik pada dentin sehat maupun karies. Data ini menunjukkan bahwa aktivitas kolagenolitik / gelatinolitik dentin tidak hanya disebabkan oleh karena adanya MMP tetapi juga karena aktivitas sinergis sistein cathepsin yang dapat berpengaruh terhadap kekuatan ikat.²¹

2.4.2 Uji daya ikat tarik

Kemampuan daya restorasi komposit tergantung pada ketahanan perlekatan bahan adhesifnya pada struktur gigi. Ketahanan daya lekat ini dapat diukur melalui uji daya adhesif restorasi komposit dengan struktur gigi dalam uji tarik (*tensile strength*). Uji kekuatan ikatan mikro (μ TBS) diperkenalkan pada tahun 1994. Sejak itu, telah banyak digunakan di laboratorium sebagai tolak ukur pengujian kekuatan ikatan, sehingga menjadikan μ TBS sebagai salah satu uji kekuatan ikatan yang paling standar dan paling sering digunakan saat ini.²³⁻²⁵

Metode uji *tensile bond strength* dilakukan dengan menarik salah satu sisi sampel dan sisi yang lain statis. Sampel dapat dipegang dengan metode menggenggam aktif atau pasif. Pada metode menggenggam aktif sampel

dicengkeram oleh perangkat melalui bantuan cengkeram mekanis seperti lem atau pengait, sedangkan metode mencengkeram pasif, sampel ditempatkan pada perangkat pengujian tanpa bantuan cengkeram. Salah satu sisi sampel kemudian ditarik sampai kedua bahan terpisah. Nilai *tensile bond strength* diperoleh dari kekuatan tarik maksimum yang diberikan dibagi luas permukaan *interface* bahan restorasi dengan struktur gigi.²⁶

Pada uji *tensile bond strength*, pembuatan sampelnya relatif lebih mudah karena tidak memerlukan alat khusus untuk memotong sampel, namun memerlukan sampel yang jauh lebih banyak karena ukuran sampelnya besar. Selain itu pada uji *tensile bond strength* distribusi tegangan pada sampel berukuran besar tidak merata sehingga memberikan hasil yang kurang akurat dibanding *microtensile bond strength test*, namun pada sampel berukuran sangat kecil berpotensi mengalami dehidrasi sehingga sampel lebih mudah fraktur.²⁶

2.5 Gigi Sapi

Gigi manusia yang telah diekstraksi sering digunakan pengujian laboratorium pada penelitian. Namun, penggunaan gigi manusia mulai dibatasi karena aspek keterbatasan etika dan kesulitan untuk memperoleh gigi *post ekstraksi* yang sehat dan bebas karies dalam jumlah dan kualitas yang memadai. Terutama didasarkan pada pengembangan pendekatan non-invasif atau *minimally invasive* dalam kedokteran gigi restoratif, dan penurunan gigi karies selama beberapa dekade terakhir. Saat ini banyak penelitian *in vitro* yang dilakukan untuk membandingkan gigi hewan sebagai alternatif pengganti gigi manusia. Beberapa

penelitian telah dilakukan menggunakan gigi dari beberapa spesies mamalia lainnya seperti sapi (*bovine*), babi (*swine*), dan kuda (*equines*).²⁷⁻²⁹

Tes kekuatan ikatan biasanya menggunakan sapi, serta gigi manusia, karena kemiripan terbesar pada komposisi kimianya kandungan kalsium dan fosfor yang hampir sama (% berat), ketebalan email dan kekerasan dentin, dan ketahanan asam yang sebanding. Selain itu, gigi sapi dapat diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah besar, dengan kemungkinan untuk standarisasi ukuran dan usia gigi. Pada penelitian ini digunakan gigi sapi sebagai sampel percobaan. Gigi sapi telah digunakan sejak lama sebagai substrat bonding alternatif, terutama karena kemudahan untuk mendapatkan sampel gigi sapi dan kemungkinan standarisasi usia gigi, diet dan kondisi lingkungan lainnya sehingga dapat mengurangi bias ketidaksesuaian substrat.²⁸⁻³⁵

Tidak ada perbedaan nilai kekuatan ikatan antara gigi sapi dan gigi manusia, baik pada substrat email maupun dentin. Meskipun heterogenitas moderat ditemukan, literatur *in vitro* menunjukkan bahwa penggunaan gigi sapi dalam evaluasi kekuatan ikatan menghasilkan hasil yang sama sebanding dengan manusia, baik untuk substrat email dan dentin. Dengan demikian, gigi sapi dapat dianggap sebagai pengganti yang cocok untuk gigi manusia dalam uji kekuatan ikatan.²⁸