

**PENGARUH PENGETSAAN TERHADAP KEKUATAN IKAT TARIK
BAHAN *SELF ETCH ADHESIVE* UNIVERSAL DUA TAHAP**

SKRIPSI

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



ARKAN MIFTAH IRWANTO

J011201169

**DEPARTEMEN KONSERVASI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

**PENGARUH PENGETSAAN TERHADAP KEKUATAN IKAT TARIK
BAHAN *SELF ETCH ADHESIVE* UNIVERSAL DUA TAHAP**

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Universitas Hasanuddin sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Kedokteran Gigi*

ARKAN MIFTAH IRWANTO

J011201169

**DEPARTEMEN KONSERVASI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

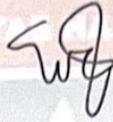
LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Pengaruh Pengetsaan Terhadap Kekuatan Ikat Tarik Bahan *Self Etch Adhesive* Universal Dua Tahap

Oleh : Arkan Miftah Irwanto / J011201169

Telah Diperiksa dan Disahkan
Pada Tanggal 9 November 2023
Oleh :

Pembimbing



Wahyuni Suci Dwiandhany, drg., Ph.D., Sp.KG., Subsp. KR (K)
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 : Arkan Miftah Irwanto

NIM : J011201169

Judul : Pengaruh Pengetsaan 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



Amiruddin, S.Sos
NIP. 19661121 199201 1 003

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arkan Miftah Irwanto

NIM : J011201169

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul "**Pengaruh Pengetsaan Terhadap Kekuatan Ikat Tarik Bahan *Self Etch Adhesive Universal Dua***" 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



Arkan Miftah Irwanto
J011201169

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI PEMBIMBING

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Pembimbing:

Tanda Tangan

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

Judul Skripsi:

Pengaruh Pengetsaan Terhadap Kekuatan Ikatan 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 di cetak dan/atau diterbitkan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya, Shalawat serta salam yang senantiasa tercurah limpahkan kepada junjungan kita semua nabi Muhammad SAW, atas terselesaikannya skripsi yang berjudul "**PENGARUH PENGETSAAN TERHADAP KEKUATAN IKAT TARIK BAHAN *SELF ETCH ADHESIVE* UNIVERSAL DUA TAHAP**" dengan baik. Penulisan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin. Selain itu skripsi ini diharapkan dapat bermanfaat bagi institusi, pembaca, dan peneliti untuk menambah pengetahuan.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini terdapat banyak hambatan yang penulis hadapi. Akan tetapi, berkat bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak, penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang-orang yang berperan penting dalam hidup, keluarga-ku. Kedua orang tua penulis **Muhammad Nur Irwanto Tachier S.T** dan **Evie Triawati S.E.** Saudara saya **Athillah Muflih Irwanto S.KG**, yang senantiasa memanjatkan doa, memberi dukungan, motivasi, nasihat, perhatian, kasih sayang, bantuannya yang luar biasa tak ternilai dan tiada hentinya. Nenek **Hj Naimah Buraera** yang telah memberikan rumah pertama sebagai anak perantau dan almarhum kakek yang selalu memberi harapan untuk hidup lebih panjang **Letkol Pol Abdul Nawawie**.
2. **drg. Wahyuni Suci Dwiandhany, Sp.KG(K), Ph.D** selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk membimbing serta memberikan arahan dan saran kepada penulis selama proses penyusunan skripsi hingga selesai.

3. **drg. Irfan Sugianto, M.Med.Ed., Ph.D** selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin yang telah menyediakan fasilitas pembelajaran yang baik selama penulis menjalani proses kuliah hingga selesai.
4. **Prof. Dr. drg. Ardo Sabir, M.Kes** dan **drg. Noor Hikmah, Sp.KG(K)** selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan nasihat, arahan dan saran kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
5. **drg. Andi Tajrin, M.Kes., Sp.BM(K)** selaku dosen penasehat akademik yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan nasehat kepada penulis selama menjalani proses perkuliahan.
6. **Seluruh Dosen, Staf Akademik, Staf Tata Usaha, Staf Perpustakaan FKG UNHAS, dan Staf Departemen Konservasi** yang telah banyak membantu penulis selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini hingga selesai.
7. **Staf Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin** yang telah mengarahkan dan membantu dalam penelitian.
8. Pemilik NIM J011201108 yang selalu menemani, meluangkan waktunya, mendukung, menghibur dan memberi semangat untuk terus maju tanpa kenal kata menyerah dalam segala hal untuk meraih impian saya.
9. Teman Arts yang selalu ada disaat suka dan duka, memberi dukungan dan hiburan ketika penulis merasa jenuh selama proses perkuliahan.
10. Teman seperjuangan dalam suka cita mengurus skripsi, Adinda Maharani.
11. Teman Artikulasi 2020, khususnya Zahrah yang selalu membantu penulis dalam penulisan skripsi ini.
12. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan semangat selama proses penyusunan skripsi ini yang namanya tidak dapat disebutkan satu-persatu.

ABSTRAK

PENGARUH PENGETSAAN TERHADAP KEKUATAN IKAT TARIK BAHAN *SELF ETCH ADHESIVE* UNIVERSAL DUA TAHAP

Latar Belakang: sistem adhesif merupakan salah satu elemen kunci dalam restorasi resin komposit yang dikenal dalam bidang Kedokteran Gigi sebagai metode yang digunakan untuk mempertahankan kekuatan ikat tarik. Jaringan email dan dentin memiliki struktur berbeda yang mempengaruhi perkembangannya adhesif. Berkembangnya bahan adhesif saat ini mempertimbangkan mekanisme struktur yang dapat diklasifikasikan dari generasi I-VIII. Perkembangan terbaru dalam dunia kedokteran gigi adhesif yaitu bahan adhesif universal (generasi ke-VIII). Pengaruh pengetsaan pada email dan dentin terhadap kekuatan ikat sistem adhesif universal satu tahap telah banyak diteliti, namun masih sedikit informasi mengenai pengaruh etsa terhadap kekuatan ikatan sistem adhesif universal dua tahap. **Tujuan:** Untuk mengetahui kekuatan ikat sistem adhesif *self-etch* universal dua tahap terhadap email dan dentin. **Metode:** Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium. Sampel penelitian ini menggunakan gigi insisivus sebanyak 24 gigi yang terbagi menjadi 4 kelompok perlakuan berbeda dan dilakukan uji *Tensile Bond Strength*. **Hasil:** Pada hasil penelitian ini nilai rerata tertinggi berada pada kelompok EE (etsa email) dan nilai rerata terendah berada pada kelompok TED (tanpa etsa dentin). **Kesimpulan:** Aplikasi etsa asam fosfat 37,5% (Optibond-Kerr) dapat meningkatkan kekuatan ikat tarik bahan adhesif *self-etch* universal dua tahap (Optibond eXTRa Universal- Kerr) pada dentin dan email.

Kata Kunci: Gigi Sapi (*Bovine*), *Tensile Bond Strength*.

ABSTRACT

THE EFFECT OF ETCHING ON THE TENSILE BOND STRENGTH OF TWO-STAGE UNIVERSAL SELF ETCH ADHESIVE MATERIALS

Background: the adhesive system is one of the key elements in composite resin restorations which is known in the field of Dentistry as a method used to maintain tensile bond strength. Enamel and dentin tissues have different structures that influence adhesive development. The current development of adhesive materials considers structural mechanisms that can be classified from generations I-VIII. The latest development in the world of adhesive dentistry is universal adhesive materials (VIII generation). The effect of etching on enamel and dentin on the bond strength of one-stage universal adhesive systems has been widely studied, but there is still little information regarding the effect of etching on the bond strength of two-stage universal adhesive systems. **Objective:** To determine the bond strength of a two-stage universal self-etch adhesive system to enamel and dentin. **Method:** This type of research is laboratory experimental research. This research sample used 24 incisor teeth which were divided into 4 different treatment groups and the Tensile Bond Strength test was carried out. **Results:** In the results of this study the highest mean value was in the EE group (enamel etching) and the lowest mean value was in the TED group (without dentin etching). **Conclusion:** Application of 37.5% phosphoric acid etching (Optibond-Kerr) can increase the tensile bond strength of a two-stage universal self-etch adhesive (Optibond eXTRa Universal-Kerr) on dentin and enamel.

Keywords: Cow (Bovine) Teeth, Tensile Bond Strength.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI PEMBIMBING	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I.....	17
PENDAHULUAN.....	17
1.1 Latar Belakang	17
1.2 Rumusan Masalah.....	18
1.3 Tujuan Penulisan	18
1.3.1 Tujuan Umum	18
1.3.2 Tujuan Khusus	18
1.4 Manfaat Penelitian	18
BAB II	19
TINJAUAN PUSTAKA	19
2.1 Etsa dan <i>Bonding</i>	19
2.1.1 Etsa	19
2.1.2 Etsa Pada Email	19
2.1.3 Etsa Pada Dentin	20
2.1.4 Etsa Selektif Pada Email	21
2.1.5 Bonding	21
2.1.6 Perkembangan Etching dan Bonding.....	22
2.2 Sistem Adhesif Etsa dan Bonding (Etch and Rinse)	22
2.2.1 Definisi.....	22
2.2.2 Sistem Adhesif <i>Etch and Rinse (ERA)</i>	23
2.2.3 Sistem Adhesif <i>Self-Etch (SEA)</i>	24
2.2.4 Adhesif universal.....	25

2.3	Resin Komposit.....	26
2.3.1	Definisi.....	26
2.4	Kekuatan Ikat Tarik (<i>Bond Strength</i>)	27
2.5	Gigi Sapi.....	27
BAB III.....		29
KERANGKA TEORI DAN KONSEP		29
3.1	Kerangka Teori	29
3.2	Kerangka Konsep.....	30
3.3	Hipotesis	30
BAB IV		31
METODE PENELITIAN		31
4.1	Jenis Penelitian	31
4.2	Desain Penelitian	31
4.3	Waktu dan Tempat Penelitian	31
4.4	Sampel Penelitian	31
4.5	Perhitungan Besar Sampel.....	32
4.6	Variabel Penelitian.....	33
4.7	Definisi Operasional.....	33
4.8	Alat dan Bahan Penelitian.....	34
4.9	Prosedur Penelitian	34
4.10	Data.....	36
4.11	Alur Penelitian.....	37
BAB V.....		38
HASIL PENELITIAN		38
5.1	Hasil Uji Normalitas	38
5.2	Hasil Uji Homogenitas	39
5.3	Hasil Uji Beda Nilai Rata-Rata Dengan One-Way Anova	39
5.4	Hasil Uji Perbedaan Kelompok TEE dengan EE.....	40
5.5	Hasil Uji Perbedaan Kelompok EE dengan TED	40
5.6	Hasil Uji Perbedaan Kelompok TED dengan ED	40
5.7	Hasil Uji Perbedaan Kelompok ED dengan EE	41
5.8	Hasil Uji Perbedaan Kelompok TED dengan TEE.....	41
5.9	Hasil Rerata Uji <i>Tensile Bond Strenght</i>	42

BAB VI	43
PEMBAHASAN	43
BAB VII	45
PENUTUP	45
7.1 Kesimpulan	45
7.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Kerangka Teori.....	29
Gambar 3.2 Kerangka Konsep.....	30
Gambar 4.1 Alur Penelitian.....	37
Gambar 5.1 Hasil Rerata Uji <i>Tensile Bond Strength</i>	42

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	34
Tabel 5.1 Hasil Uji Normalitas	38
Tabel 5.2 Hasil Uji Homogenitas.....	39
Tabel 5.3 Hasil Uji Beda Nilai Rata – Rata Dengan <i>One-Way Anova</i>	39
Tabel 5.4 Hasil Uji Perbedaan Kelompok TEE dengan EE.....	40
Tabel 5.5 Hasil Uji Perbedaan Kelompok EE dengan TED	40
Tabel 5.6 Hasil Uji Perbedaan Kelompok TED dengan ED	41
Tabel 5.7 Hasil Uji Perbedaan Kelompok ED dengan EE.....	41
Tabel 5.8 Hasil Uji Perbedaan Kelompok TED dengan TEE	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Undangan Seminar Proposal	49
Lampiran 2 Surat Izin Penelitian.....	50
Lampiran 3 Dokumentasi	52
Lampiran 4 Undangan Seminar Hasil	54
Lampiran 5 Kartu Kontrol Bimbingan Skripsi.....	55
Lampiran 6 Data Penelitian.....	57
Lampiran 7 Hasil Olah Data	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem adhesif merupakan salah satu elemen kunci dalam restorasi resin komposit yang dikenal dalam bidang Kedokteran Gigi sebagai metode yang digunakan untuk mempertahankan kekuatan ikat tarik. Jaringan pada email dan dentin memiliki struktur berbeda yang mempengaruhi perkembangan adhesif. Pengetahuan dan pemahaman tentang prinsip pengembangan adhesif dan adhesi pada struktur gigi sangat penting untuk restorasi resin komposit yang tahan lama.¹ Syarat dari sistem adhesif yang ideal adalah berikatan dengan dentin, dapat mencapai kekuatan *bonding* yang sama atau lebih besar dari email, biokompatibel, tidak mengiritasi jaringan pulpa, mencegah terjadinya kebocoran mikro, stabil dalam waktu yang lama di rongga mulut, dan mudah diaplikasikan.¹

Sistem adhesif diperkenalkan pertama kali oleh Buonocore pada tahun 1955 menggunakan asam fosfat untuk meningkatkan retensi terhadap restorasi resin komposit. Konsentrasi gel asam fosfat yang digunakan pada umumnya 34% - 37%. Pada dasarnya prinsip adhesi resin komposit adalah orientasi fisik mikromekanik (*mechanical interlocking*), yaitu *tag* resin terbuat dari monomer yang menginfiltirasi mikroporositas pada permukaan email yang telah dietsa. Penghilangan *smear layer* diperoleh melalui pengetsaan kemudian dilakukan pembilasan pada sistem adhesif *total-etch*. Selain itu, *smear layer* juga dapat dipertahankan atau dimodifikasi tanpa pembilasan pada sistem adhesif *self-etch*.²

Berkembangnya bahan adhesif saat ini mempertimbangkan mekanisme struktur yang dapat diklasifikasikan dari generasi I-VIII. Perkembangan terbaru dalam dunia kedokteran gigi adhesif yaitu bahan adhesif universal (generasi ke-VIII). Generasi terbaru ini juga disebut dengan *multi-mode* atau *multi-purpose* karena teknik ini dapat digunakan dalam moda *etch-and-rinse*, *self-etch* atau *selective etch enamel*.²

Generasi ini dikembangkan untuk mengatasi ketidakmampuan generasi bahan adhesif one-step self-etch. Aplikasi bahan adhesif ini dapat digunakan bersama dengan atau tanpa asam fosfat.¹

Pengaruh pengetsaan pada email dan dentin terhadap kekuatan ikat sistem adhesif universal satu tahap telah banyak diteliti, namun masih sedikit informasi mengenai pengaruh etsa terhadap kekuatan ikatan sistem adhesif universal dua tahap. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh etsa pada email dan dentin terhadap kekuatan ikat bahan adhesif universal dua tahap.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut: “Apakah terdapat pengaruh pengetsaan pada email dan dentin terhadap kekuatan ikat tarik sistem adhesif *self-etch* universal dua tahap?”

1.3 Tujuan Penulisan

1.3.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui kekuatan ikat sistem adhesif *self-etch* universal dua tahap terhadap email dan dentin.

1.3.2 Tujuan Khusus

Untuk mengetahui perbedaan kekuatan ikat yang dimiliki sistem adhesif *self-etch* universal dua tahap terhadap email dan dentin dengan atau tanpa pengetsaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan informasi bagi dokter gigi mengenai performa *bonding* yang dimiliki oleh sistem adhesif *self-etch* universal dua tahap terhadap email dan dentin, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan klinisi dalam memilih bahan adhesif pada praktek kedokteran gigi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Etsa dan *Bonding*

2.1.1 Etsa

Etsa pertama kali diperkenalkan pada tahun 1995 oleh Michael Buonocore. Etsa dapat diaplikasikan pada lapisan email maupun dentin. Pengetsaan pada permukaan email menggunakan asam fosfat dan kemudian menempatkan bahan restorasi resin akrilik pada permukaan yang kasar secara mikromekanis. Monomer resin akrilik membasahi permukaan yang porus dan mengalir ke lubang yang porus, menghasilkan *resin tag* retentif.³

Etsa pada dentin awalnya menimbulkan kontroversi di kalangan peneliti. Sejumlah peneliti menyatakan bahwa etsa asam fosfat 37% pada dentin selama 15 detik menunjukkan hasil klinis yang kurang diharapkan setelah 4 tahun pemakaian. Aplikasi asam secara langsung pada permukaan dentin, yang terletak dekat dengan rongga pulpa, dianggap dapat memicu inflamasi pulpa sehingga tidak dianjurkan untuk digunakan. Sementara beberapa hasil penelitian lain menemukan hal yang bertentangan yaitu etsa asam fosfat tidak menyebabkan inflamasi pulpa, namun sebaliknya justru bermanfaat untuk menghilangkan smear layer sehingga memudahkan adaptasi bahan bonding yang diaplikasikan kemudian. Sejumlah penelitian menunjukkan hasil klinis yang baik terhadap kekuatan perlekatan bahan bonding yang diaplikasikan pada permukaan dentin yang telah di etsa.⁴

2.1.2 Etsa Pada Email

Adhesi komposit restoratif ke email dicapai dengan teknik etsa asam menggunakan 37% asam fosfat. Aplikasi singkat asam fosfat 37% menciptakan pori-pori kecil di permukaan email yang memungkinkan resin mengalir ketika ditempatkan di dalam rongga, memberikan restorasi mekanis tambahan mengurangi kemungkinan kebocoran kecil di antara restorasi dan mengurangi struktur gigi.³

Teknik etsa asam dengan aplikasi asam fosfat 37% digunakan untuk memperoleh ikatan mekanik antara bahan restorasi resin komposit dan struktur gigi. Asam fosfat 37% yang diaplikasikan dalam waktu singkat, akan menghasilkan pori-pori kecil pada permukaan email, tempat kemana resin akan mengalir jika ditempatkan ke dalam kavitas sehingga memberikan tambahan retensi mekanis pada restorasi dan mengurangi kemungkinan kebocoran tepi antara permukaan restorasi dan struktur gigi.³

Secara mikroskopis, email terdiri dari prisma email yang saling berhubungan dan tersusun rapi. Di antara prisma-prisma tersebut juga terdapat bahan prismatic intermediate yang tersusun rapi yang mengandung kristal hidroksiapatit yang larut dengan etsa dan permukaan email yang tergores membentuk rongga seperti sarang lebah. Rongga ini berfungsi dudukan mekanis untuk bahan interkoneksi yang dikenal sebagai tag resin.³

2.1.3 Etsa Pada Dentin

Penelitian awal mengenai etsa pada dentin telah dilakukan dan mendapatkan hasil yaitu bond strengths yang rendah. 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. 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 *smear layer* menjadi keharusan walaupun ada beberapa hal yang harus menjadi pertimbangan.⁵

Proses bonding pada dentin diawali oleh proses *etching*. Proses *etching* pada dentin bertujuan agar dentin mengalami demineralisasi sehingga jaringan kolagen pada dentin dapat terbuka. Selanjutnya dilakukan proses priming agar jaringan kolagen tidak rusak atau hilang. Langkah selanjutnya yaitu pemberian *bonding agent*. *Bonding agent* berperan dalam membantu perlekatan bahan tumpatan pada

dentin. Resin hidrofil yang terdapat pada bahan tumpatan dapat melakukan infiltrasi pada jaringan kolagen dentin sehingga membentuk *bonding* yang kuat. Resin juga akan membentuk *micromechanical interlocking* pada permukaan resin dengan *hybrid layer*.⁵

2.1.4 Etsa Selektif Pada Email

Teknik etsa selektif mengatasi kelemahan utama teknik self-etch, yaitu etsa suboptimal pada enamel yang termineralisasi, dengan mengetsa enamel hanya dengan asam sebelum menggunakan bahan adhesif. Bahan pengikat universal yang lebih baru dapat digunakan dalam mode *self-etch*, *selective-etch*, atau *etch and rinse*. Rosa WL dkk, dalam tinjauan sistematis menyatakan bahwa etsa selektif pada email sebelum penerapan bahan adhesif merupakan strategi yang disarankan untuk mengoptimalkan kekuatan ikatan. Etsa secara selektif melarutkan batang email, menciptakan porositas makro dan mikro yang mudah ditembus, bahkan oleh bahan pengikat hidrofobik biasa, melalui tarikan kapiler.⁶

2.1.5 Bonding

Penerapan bonding pada restorasi gigi dimulai pada tahun 1955. Ikatan umumnya meningkatkan kekuatan ikatan resin komposit ke email dan dentin, meningkatkan kekuatan restorasi. Ikatan dan adhesi terdiri dari mekanisme fisik, kimia, dan mekanik yang memungkinkan satu zat untuk menempel dan mengikat zat lain. Sistem perekat memiliki tiga fungsi penting. (1) mencegah pemisahan matriks perekat dari bahan restorasi atau semen; (2) Distribusikan tegangan pada antarmuka. (3) Menyegel antarmuka/permukaan dengan ikatan perekat antara dentin dan/atau email dan bahan terkait, sehingga meningkatkan ketahanan terhadap kebocoran mikro dan mengurangi hipersensitivitas pasca perawatan, perubahan warna pada margin perbaikan, dan displasia. karies sekunder. Bonding adalah bahan resin filler-free yang tersusun dari HEMA untuk meningkatkan kekuatan adhesif dari perekat hidrofobik, membentuk lapisan hybrid yang menembus struktur gigi dan berperan dalam membentuk resin tag.⁷

Ada banyak sistem ikatan yang berbeda di pasaran dan perusahaan masih memperkenalkan yang baru. Pilihan klinis tergantung pada banyak faktor, tetapi mungkin yang paling penting adalah faktor yang berkontribusi terhadap kinerja klinis. Sistem bonding *total-etch* dianggap sebagai dasar kedokteran gigi adhesi dalam hal restorasi *direct* dan *indirect*. bonding adalah proses pembentukan suatu sambungan perekat, yang terdiri dari dua substrat yang disatukan. perekat gigi adalah larutan monomer resin yang menggabungkan bahan restorasi dengan substrat gigi email dan dentin setelah monomer diatur oleh polimerisasi.⁸

Ikatan mikro-mekanis berkontribusi untuk memberikan kekuatan terhadap tekanan mekanis, sementara interaksi kimia mengurangi degradasi hidrolitik, menjaga segel marginal restorasi untuk waktu yang lebih lama.⁸

2.1.6 Perkembangan Etching dan Bonding

Secara terminologi, perekat adalah suatu zat yang memungkinkan suatu zat atau bahan menempel pada zat lain. Sistem bonding perekat adalah proses menggabungkan dua bahan bersama-sama dengan perekat yang mengeras selama proses tersebut. Perekat gigi adalah larutan monomer resin yang menghasilkan interaksi yang dapat diterima antara resin dan matriks gigi. Adhesi terdiri dari monomer dengan gugus hidrofilik dan hidrofobik. Ini berfungsi terutama untuk meningkatkan keterbasahan jaringan keras gigi, memungkinkan interaksi dan polimerisasi dengan bahan restoratif. Dengan berkembangnya teknologi, metode pelekatan telah berubah dari metode tanpa etsa menjadi metode etsa total (generasi ke-4, generasi ke-5) dan metode *self-etching* (generasi ke-6, generasi ke-7, generasi ke-8).⁹

2.2 Sistem Adhesif Etsa dan Bonding (Etch and Rinse)

2.2.1 Definisi

Perkembangan kedokteran gigi adhesif yang praktis dimulai pada tahun 1955 ketika Dr. Michael Buonocore menemukan bahwa retensi bahan restorasi berbasis akrilik dapat ditingkatkan dengan terlebih dahulu mengaplikasikan asam fosfat pada email. Ikatan bahan adhesif terhadap email yang diaplikasikan asam

fosfat telah terbukti lebih baik daripada ikatan ke dentin. Hal ini terutama disebabkan oleh perbedaan morfologis, histologis, dan komposisi dari kedua substrat. Komposisi email sangat seragam dan jauh lebih termineralisasi daripada dentin. Kandungan anorganik email matur adalah sekitar 96% hidroksiapatit menurut beratnya, sedangkan sisanya terdiri dari air dan bahan organik. Dentin, di sisi lain, terdiri dari sekitar 70% hidroksiapatit, 18% bahan organik (terutama kolagen tipe I), dan 12% air menurut beratnya, usia gigi, riwayat trauma gigi dan/atau patologi sangat bervariasi. Hal ini, ditambah dengan kandungan air dentin yang relatif tinggi, menimbulkan tantangan yang signifikan untuk adhesi jangka panjang yang konsisten dan dapat diandalkan.¹⁰

Pada tahun 1970-an dan awal 1980-an tersedia beberapa sistem adhesif yang relatif bersifat hidrofobik dan tidak mampu menembus *smear layer* dentin secara memadai. *Smear layer* adalah residu yang tertinggal pada permukaan dentin setelah penggunaan instrumen putar dengan *diamond bur* atau *carbide bur*. Lapisan ini merupakan lapisan amorf tipis yang sebagian besar terdiri dari kolagen yang terdegradasi, bakteri, dan berbagai debris dentin dan email anorganik. Sistem adhesif pada awalnya tidak efektif karena melekat langsung pada *smear layer* sehingga menghambat penetrasi resin ke struktur email dan dentin. *Smear layer* tersebut perlu dihilangkan atau dimodifikasi dengan beberapa cara primer dan resin dapat berinteraksi langsung dengan email dan dentin.¹⁰

2.2.2 Sistem Adhesif *Etch and Rinse (ERA)*

Sistem adhesif saat ini diklasifikasikan menjadi dua, yaitu: *etch and rinse* (etsa dan bilas) dan *self-etch*. sistem adhesif telah berkembang baik dalam komposisi, mekanisme kerjanya dalam jaringan gigi, konstituennya dan jumlah langkah klinis yang diperlukan untuk aplikasinya.¹¹

Sistem adhesif *etch and rinse* terdiri atas prosedur etsa menggunakan asam fosfat 30-40% yang dapat menghilangkan *smear layer* sehingga permukaan dentin interbular mengalami demineralisasi dan serat kolagen terekspos. Pembentukan mikro porositas yang disebabkan oleh prosedur etsa yang lama menyebabkan potensi hipersensitivitas pasca operasi yang tinggi.¹¹

Ada beberapa jenis sistem adhesif *etch and rinse*. Yang pertama ada teknik tiga tahap (3-ERA) melibatkan etsa, primer dan bond. Sistem pengikat ini disediakan dalam tiga botol, masing-masing satu botol etsa, primer, dan bahan pengikat. Ini adalah yang paling rumit untuk digunakan di klinik, namun menghasilkan kekuatan ikatan tertinggi dan daya tahan terbesar. Sistem adhesif dua tahap (2-ERA) untuk sistem ini, kedua langkah tersebut adalah kombinasi etsa dan cat dasar yang diikuti dengan pengikatan. Ini menggunakan dua botol komponen, yang pertama berisi primer self-etching dan yang kedua berisi bahan pengikat. Primer self-etching memodifikasi smear layer pada permukaan dentin, dan memasukkan produk ke dalam lapisan pelapis. Dan yang terakhir ada sistem adhesif satu tahap ini menggunakan satu botol berisi formulasi yang memadukan primer self-etching dan bahan pengikat. Secara klinis, ini adalah cara yang paling mudah untuk digunakan, dan kekuatan ikatan umumnya dilaporkan dapat diterima, meskipun pengoperasian ikatannya sederhana.¹²

2.2.3 Sistem Adhesif *Self-Etch (SEA)*

Sistem adhesif *self-etch* dapat diaplikasikan dalam satu langkah (1-SEA) atau dua langkah (2-SEA) tanpa penggunaan etsa asam fosfat. Sistem adhesif 1-SEA terdiri atas satu botol yang menggabungkan *primer* dengan *bonding*, sedangkan sistem adhesif 2-SEA terdiri atas *primer* dan *bonding* dalam dua botol yang terpisah. Aplikasi sistem adhesif *self-etch* memungkinkan demineralisasi dan infiltrasi yang simultan dalam jaringan dentin. Namun, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kekuatan ikatan sistem adhesif *self-etch* pada email lebih tinggi bila diaplikasikan etsa asam fosfat, sehingga direkomendasikan untuk melakukan etsa selektif pada email dengan resiko kontaminasi dentin.⁶

Komposisi dasar sistem adhesif *self-etch* satu tahap terdiri atas monomer asam fungsional, dengan pH relatif lebih tinggi daripada etsa asam fosfat, serta *solvent* organik dan air. Peran *solvent* air adalah menyediakan media untuk ionisasi dan monomer asam dengan hidroksiapatit. Monomer asam pada sistem adhesif *self-etch* memiliki kelarutan yang rendah dalam air untuk meningkatkan pembasahan

permukaan dentin. Selain itu, monomer bi-atau multi-fungsional ditambahkan untuk memberikan kekuatan pada ikatan silang yang terbentuk dari matriks monomer.¹⁰

Keuntungan dari sistem adhesif *self-etch* adalah waktu aplikasi yang lebih praktis, cepat dan mudah, juga dapat digunakan untuk merekatkan berbagai macam substrat selain struktur gigi, seperti logam, dan keramik.¹³

2.2.4 Adhesif universal

Meskipun sistem adhesif telah mengalami perbaikan yang signifikan, ikatan antara jaringan keras gigi dengan bahan adhesif tetap menjadi area terlemah untuk restorasi sewarna gigi. Adhesif universal adalah perkembangan terbaru dari sistem adhesif *self-etch*, yang diformulasikan dalam sistem “*all in one*”. Kandungan monomer asam dalam sistem adhesif universal memungkinkan perlekatan pada berbagai substrat berbeda seperti struktur gigi, metal, dan keramik.¹⁴

Sistem adhesif universal mengandung campuran monomer dengan tingkat keasaman ringan hingga sedang (fosfat, karboksilat) dalam konsentrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan prekursornya untuk meningkatkan infiltrasi monomer ke dalam substrat. Sebagian besar penelitian yang dipublikasikan tentang sistem adhesif ini difokuskan pada kekuatan ikatan dan daya tahan ikatan terhadap jaringan keras gigi dibawah protokol pengujian yang berbeda. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ketika sistem adhesif universal diaplikasikan ke email dengan moda *self-etch*, nilai kekuatan ikatan yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan moda *etch and rinse*. Namun, etsa asam tidak meningkatkan kekuatan ikatan bahan adhesif ini terhadap dentin. Selanjutnya, destabilisasi kolagen dan dehidradasi enzimatis yang disebabkan oleh pH yang sangat rendah dari etsa asam fosfat dan mekanisme demineralisasi ionik telah menimbulkan pertanyaan tentang kemanjuran jangka panjang dari aplikasi asam kuat pada dentin.¹⁴

Saat ini, moda *self-etch* menggunakan monomer dengan keasaman ringan dan kapasitas pembentukan garam yang tidak larut dalam air dengan hidroksiapatit, seperti *10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate* (10-MDP), telah dianggap paling baik untuk dentin. Monomer 10-MDP adalah monomer yang paling hidrofobik dari semua monomer fungsional yang biasanya digunakan dalam

bonding. Monomer 10-MDP mampu berikatan secara kimia dengan jaringan gigi melalui ikatan ionik dengan kalsium yang ditemukan dalam hidroksiapatit. Monomer yang telah diaplikasikan pada dentin akan membentuk garam MDP-Kalsium. Interaksi tersebut membuat kekuatan ikatan resin komposit ke dentin cukup tinggi mengingat ikatan sistem bonding dengan dentin lebih sulit didapatkan bila dibandingkan dengan enamel.¹⁵

Begitupun dengan mekanisme ikatan terhadap dentin melalui ikatan kimia antara monomer fosfat glycerol phosphate dimethacrylate (GPDM) dengan ion kalsium gigi. Poitevin pada tahun 2013 menjelaskan bahwa monomer GPDM lebih berperan sebagai perekat dan menyebabkan ikatan kimiawi dengan struktur gigi.¹⁶

Bahan adhesif universal dapat digunakan sebagai *self-etch* baik secara satu tahap maupun dua tahap. sistem 1-SEA menggabungkan primer dan bonding secara hidrofobik dalam 1 botol, sehingga memiliki kelebihan dalam pengurangan waktu kerja. Kelemahan dari sistem 1-SEA hidrofilitasnya yang berlebihan sehingga lapisan adhesif lebih rentan terhadap degradasi. maka dari itu dikembangkan bahan adhesif universal dua tahap. pada penelitian sebelumnya telah banyak diteliti efek perendaman pada kekuatan ikat pada bahan adhesif. informasi mengenai sistem SEA universal dua tahap masih sangat sedikit, Sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai bahan *self-etch* adhesif universal dua tahap.¹⁷

2.3 Resin Komposit

2.3.1 Definisi

Resin komposit merupakan salah satu bahan restorasi yang paling banyak digunakan dalam kedokteran gigi.¹³ Sistem adhesif digunakan untuk merekatkan resin komposit dengan dentin atau email.¹⁸ Resin komposit terdiri dari tiga komponen utama, yaitu: matriks resin, *filler*, dan *coupling agent*. Komponen lain dari resin komposit adalah inhibitor polimerisasi (untuk membatasi terjadinya proses polimerisasi selama penyinaran), inisiator polimerisasi (inisiator), agen polimerisasi (aktivator), dan pigmen.¹⁹

Resin komposit memiliki beberapa kelebihan antara lain warnanya yang mirip dengan gigi, kekuatan mekanis yang tinggi, koefisien muai panas yang rendah dan perubahan dimensi yang kecil dan tahan terhadap abrasi. Sedangkan kekurangan resin komposit adalah kurang dapat beradaptasi dengan struktur gigi sehingga dapat menimbulkan celah interfasial (*interfacial gap*) pada batas antara bahan tumpatan dan struktur gigi, atau disebut juga dengan kebocoran mikro.¹⁹

2.4 Kekuatan Ikat Tarik (*Bond Strength*)

Selama tahun 1980-an, uji kekuatan ikat menggunakan mode geser atau tarik cukup adekuat untuk mengevaluasi sistem adhesif yang tersedia di pasaran. Sejak pengenalan primer pada sistem adhesif, nilai kekuatan ikat yang diuji dengan metode pengujian konvensional meningkat secara signifikan menjadi sekitar 18-20 Mpa pada email. Meski demikian, kegagalan kohesif pada dentin dengan kekuatan ikatan yang relatif lebih rendah (yaitu, kurang dari 10 Mpa) sering ditemui, namun pada saat itu penyebabnya masih belum dapat dipahami dengan jelas.²⁰

Awalnya, uji TBS (*Tensile Bond Strength*) dilakukan dengan menggunakan alat penjepit bencor Multi-T (Danville Engineering Co., USA) yang dipasang pada mesin uji universal. Mesin pengujian dengan penggunaan ringkas dan portabel serta biaya yang relatif rendah, membuat pengujian TBS menjadi metode yang populer dalam kedokteran gigi adhesif. Keuntungan lain dari uji TBS adalah para peneliti dapat fokus pada substrat yang relevan secara klinis dengan permukaan tiga dimensi. Dengan uji TBS, berbagai substrat yang berbeda dapat di uji secara terpisah.²⁰

2.5 Gigi Sapi

Gigi sapi merupakan alternatif untuk menggantikan gigi manusia karena memiliki struktur mikroskopis yang serupa dan mudah diperoleh dalam jumlah banyak serta ukuran gigi insisivus mandibula sapi memungkinkan diperoleh lebih dari satu sampel dari satu gigi. Selain itu, masalah etika menyebabkan banyak peneliti mencari bahan yang dapat digunakan sebagai pengganti gigi manusia dalam beberapa pengujian, tanpa mengurangi kualitas hasil. Namun, penelitian lain telah

menunjukkan beberapa perbedaan antara nilai yang diperoleh dalam uji adhesi, kekuatan ikat geser dan kekuatan ikat tarik yang diterapkan pada gigi manusia dan sapi.²¹

Perbedaan statistik yang sangat signifikan diamati ketika membandingkan kehilangan massa email gigi manusia dan sapi. Email sapi menunjukkan kehilangan massa yang lebih besar daripada email gigi manusia, yaitu, terdiri dari 92-96% bahan anorganik, 1-2% bahan organik, dan 2-4% air. Sebagian besar mineral terdiri dari $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ - (hidroksiapatit). Pada tingkat mikrostruktur, email terdiri dari prisma kaya mineral dengan diameter penampang 3-6 mm yang tertanam dalam matriks komponen anorganik dan organik. Email manusia sedikit kurang padat dan memiliki kekerasan Vickers. Selain itu, Email sapi menunjukkan porositas yang lebih tinggi dengan kristal yang lebih besar daripada email manusia, dan aspek ini dapat menjelaskan mengapa email sapi lebih mudah tererosi daripada email manusia dalam penelitian.²¹

Meskipun heterogenitas moderat ditemukan, literatur in-vitro menunjukkan bahwa penggunaan gigi sapi dalam evaluasi kekuatan iakt menghasilkan hasil yang sebanding dengan gigi manusia, baik untuk substrat email atau dentin. Dengan demikian, berdasarkan meta-analisis ini, gigi sapi dapat dianggap sebagai pengganti yang cocok untuk gigi manusia dalam uji kekuatan ikat.²²