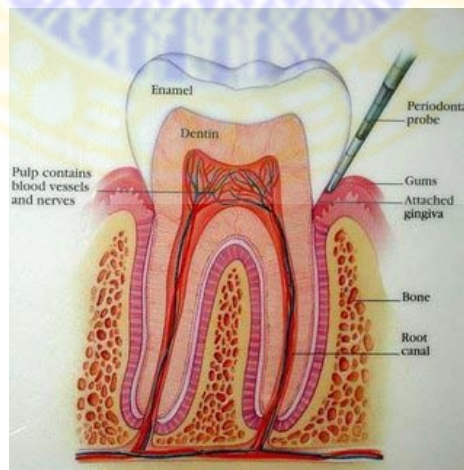


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Gigi

Gigi adalah alat pencernaan yang amat penting untuk membantu makanan agar mudah dicerna. Umumnya, gigi terdiri dari beberapa bagian utama yaitu: enamel, dentin, pulpa dan cementum/ tulang penyangga. Enamel merupakan substansi yang melapisi bagian gigi yang terlihat, dan merupakan jaringan gigi yang terkeras (berwarna putih kekuningan). Dentin adalah bagian tertebal dari jaringan gigi, dan mempunyai sifat yang menyerupai tulang. Pulpa gigi merupakan suatu jaringan lunak, berisi syaraf dan pembuluh darah. Pulpa sangat peka terhadap stimulasi zat kimia dan termis. Sedangkan akar gigi merupakan suatu jaringan ikat yang menyerupai tulang yang dilapisi *cementum* (Combe,1992).



Gambar 2.1 Potongan Penampang Gigi geraham (Combe,1992)

Enamel merupakan bagian gigi yang paling keras yang melapisi anatomi gigi, mempunyai ketebalan yang bervariasi, serta mengandung bahan anorganik (hidroksi apatit) dalam jumlah 95% - 98% dan bahan organik 1% - 2% serta 4% air, dalam berat.

Hidroksiapatit yang terdapat pada enamel berbentuk unit menyerupai batang, disebut prisma enamel. Diameternya sekitar 4-5 mikrometer, berjalan dari perbatasan dengan dentin hingga ke permukaan enamel. Pada bagian dalam enamel jalannya prisma mengikuti bentuk gelombang. Pada enamel bagian luar bentuk prisma lebih beraturan dan mencapai permukaan enamel dengan sudut siku (Combe, 1992).

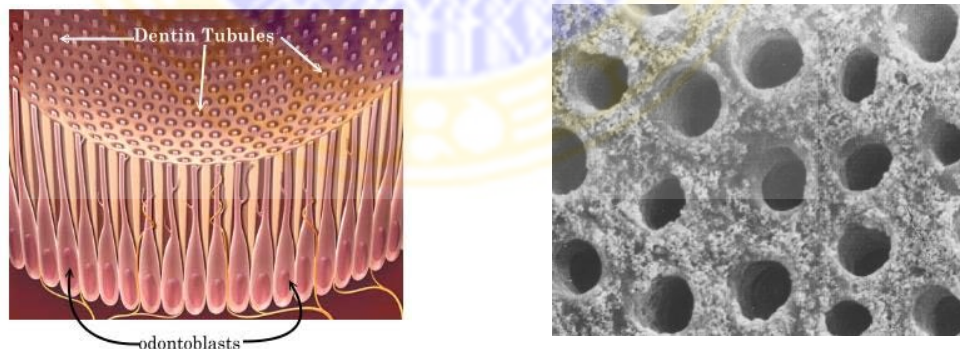
Fungsi dari enamel adalah untuk melindungi gigi dari kerusakan yang diakibatkan oleh suasana mulut yang bersifat asam yang dapat menyebabkan gigi mengalami pengeroposan atau aus atau karies. Enamel mempunyai struktur yang padat dan keras tetapi masih permeabel (dapat ditembus) oleh ion dan molekul melalui struktur hipomineralisasi (Combe, 1992). Gambar 2.2 merupakan gambaran enamel yang dilihat secara mikroskopis



Gambar 2.2 Struktur Mikroskopis dari Enamel (Combe, 1992)

Dentin adalah zat antara email (zat mahkota) atau semen dari gigi dan ruang pulpa. Dentin merupakan bagian terluas dari struktur gigi yang meliputi seluruh panjang gigi dan sangat peka terhadap sentuhan dan stimulan. Dentin lebih lembut daripada enamel, dan membusuk lebih cepat serta lebih mudah untuk mengalami kerusakan jika tidak dirawat sebagaimana mestinya. Namun tetap berfungsi sebagai lapisan protektif/pelindung dan menyokong mahkota gigi.

Dentin mengandung struktur mikroskopis yang disebut pipa dentin yang merupakan kanal berukuran kecil yang menyebar ke luar melalui dentin dari lubang pulpa pada batas semen luar. Struktur mikro dari kanal/pipa dentin nampak disajikan dalam Gambar 2.3. Kanal itu memiliki konfigurasi berbeda antara lain dalam jarak diameter antara 0,8 dan 2,2 mikrometer. Panjangnya tergantung radius gigi. Tiga konfigurasi dimensional pipa dentin di bawah kontrol genetik (Combe, 1992).



Gambar 2.3 Potongan Melintang Dentin (Combe, 1992)

Ruang pulpa merupakan suatu jaringan lunak yang berisi saraf dan pembuluh darah pada gigi bagian dalam. Pulpa sangat peka terhadap stimulasi/pengaruh rangsangan zat kimia atau termis. Pulpa terbungkus dalam

dinding yang keras sehingga tidak memiliki ruang yang cukup untuk membengkak jika terjadi peradangan atau luka.

Bagian gigi berikutnya adalah Sementum gigi yang strukturnya menyerupai tulang dan melapisi permukaan akar. Fungsi utamanya sebagai perekat serabut ligament periodontal yang menahan gigi untuk tetap berhubungan dengan jaringan sekitarnya. Sementum merupakan jaringan ikat kalsifikasi yang menyelubungi dentin akar dan tempat berinsersinya *bundle* serabut kolagen. Kandungan zat organik dalam sementum sekitar 45-50% (Krstic, 1997).

Tulang alveolar merupakan bagian dari tulang rahang atas dan bawah yang mempunyai fungsi sebagai penyangga dan tempat melekatnya soket gigi/ alveoli. Tulang alveolar terbentuk pada saat gigi erupsi untuk menyediakan perekatan pada akar gigi (Krstic, 1997).

2.2 Semen Gigi

Semen sebagai bahan tambal gigi biasanya merupakan *low strength* material yang dipersiapkan dengan mencampurkan bahan berbentuk bubuk dengan suatu cairan. Semen gigi tersedia dalam bentuk bubuk (*powder*) dan cairan (*liquid*). Bubuk bersifat amfoter atau basa (penerima proton) dan cairan bersifat asam (donor proton). Pada proses pencampuran keduanya terbentuk pasta kental yang selanjutnya mengeras membentuk massa padat. Berdasarkan bentuk bubuk (*powder*)nya semen dapat dibedakan menjadi *zinc oxide powder* dan *Al-Fl-Si glass powder* (Combe, 1992).

Komposisi semen ini bervariasi dalam komposisi kimia, sifat maupun penggunaannya. Bahan ini juga mempunyai sifat konduktivitas rendah dibandingkan dengan bahan tambal logam. Secara umum ada empat macam semen sebagai bahan tambal gigi yang biasa dipakai di dalam dunia kedokteran gigi yaitu, seng fosfat semen, polikarboksilat semen, gelas ionomer, seng oksida dan eugenol semen. Kebutuhan terhadap semen sebagai bahan tambal, semen dasar dan semen perekat, saat ini meningkat tajam sejalan dengan kesadaran masyarakat tentang perawatan kesehatan gigi. Tabel 2.1 merupakan tabel komposisi material penyusun semen gigi.

Tabel 2.1. Komposisi material penyusun semen gigi (Nugroho, 2007)

<i>Liquid / Powder</i>	<i>Zinc Oxide Powder</i>	<i>Al-FI-Si glass powder</i>
<i>Phosphoric Acid</i>	<i>Zinc Phosphate Cement</i>	<i>Silicate Cement and Filling Material</i>
<i>Polyacrylic Acid</i>	<i>Polycarboxylate Cement</i>	<i>Glass Ionomer Cement and Filling Material</i>
<i>BIS-GMA Acrylic</i>		<i>Resin Composite Cement and Filling Material</i>
<i>Eugenol (oil of clove)</i>	<i>ZOE (Zinc Oxide and Eugenol Cement and Filling Material)</i>	

2.3 Semen *Zinc Oxide Eugenol*

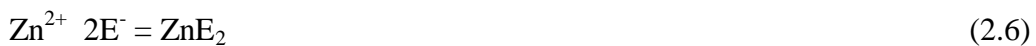
Semen ini biasanya dikemas dalam bentuk *powder* dan *liquid* atau kadang-kadang sebagai dua jenis pasta. Semen seng oksida dan eugenol diformulasikan untuk berbagai jenis keperluan, seperti untuk restorasi sementara dan jangka menengah, pelapis kavitas, basis penahan panas dan semen perekat sementara serta permanen. Selain itu semen ini juga berfungsi sebagai penutup saluran akar dan dressing periodontal. Tingkat keasaman semen/pH-nya 7 pada saat dimasukkan ke dalam gigi. Semen seng oksida dan eugenol adalah salah satu bahan yang paling tidak mengiritasi dari semua bahan gigi dan merupakan penutup yang istimewa terhadap kebocoran (Anusavice, 2003).

Komposisi dari semen seng oksida dan eugenol tersusun dari *powder* dan *liquid*. *Powder* terdiri dari *zinc oxide*, *magnesium oxide*, dalam jumlah kecil, *zinc asetat* dalam jumlah hingga 1 % dipergunakan sebagai akselerator untuk *setting reaction*. Cairan terdiri dari eugenol dalam jumlah hingga 15 % dan asam asetat sebagai akselerator sebagai pemercepat reaksi (Combe, 1992).

Formula semen *zinc oxide eugenol* yang dirancang untuk berbagai kegunaan memiliki kekuatan yang berkisar antara 3 sampai 55 MPa. Kekuatan semen *zinc oxide eugenol* tergantung pada tujuan kegunaannya dan pada formula yang dirancang untuk tujuan tersebut. Semen *zinc oxide eugenol* yang digunakan sebagai restorasi sementara/ dalam jangka waktu pendek hanya diperbolehkan memiliki kekuatan maksimal 35 MPa (Braden, 2003).

Setting reaction diawali dengan adanya absorpsi eugenol oleh *zinc oxide* dan bereaksi membentuk *zinc eugenol*. Mekanisme pengerasan semen seng oksida

dan eugenol terdiri dari hidrolisis *zinc oxide* dan reaksi berikutnya antara *zinc hydroxide* dan eugenol membentuk suatu gumpalan (Anusavice, 2003). Reaksi tersebut ditulis sebagai berikut:



Proses interaksi akan berlangsung cepat mengingat eugenol merupakan bahan yang mudah terionisasi, produksi ion e^- bergantung pada prosentase air. Ketika ZnO dan eugenol tercampur, terjadi reaksi ion yang disebabkan oleh perpindahan massa ion ZnO pada permukaan partikel zinc oxide. Secara mekanik, ion zinc oxide harus berpindah dari partikel bubuk ke fase cair dengan menambahkan asam asetat sebagai pemercepat reaksi (Crips, 2001).

Air dibutuhkan untuk mengawali reaksi dan juga merupakan hasil samping dari reaksi tersebut. Bahan yang telah terbentuk mengandung beberapa *zinc oxide* dan eugenol yang tidak bereaksi (Noort, 1994).

Reaksi akan berlangsung lebih cepat pada lingkungan lembab. Reaksi pengerasan dipercepat oleh adanya seng setat dihidrat, yang lebih larut dibandingkan *zinc hydroxide* dan dapat memberi ion seng lebih cepat. Asam asetik adalah suatu katalis yang lebih aktif untuk reaksi pengerasan dibandingkan dengan air, karena asam tersebut meningkatkan kecepatan pembentukan *zinc hydroxide*. Temperatur atmosfer tinggi juga mempercepat reaksi pergeseran (Molnar, 2002).

Waktu pembentukan semen ini tergantung pada sifat *powder* seperti ukuran partikel *powder*. *Powder* yang lebih halus mempunyai permukaan terbuka yang lebih luas terhadap eugenol sehingga akan bereaksi lebih cepat. Selain itu waktu *setting* juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti perbandingan powder dengan cairan yang tidak homogen, penambahan akselerator seperti asam asetat dan *zinc asetat*, adanya kontaminasi air atau semen jenis lain sewaktu pengadonan, dan peningkatan suhu juga menyebabkan *setting reaction* semakin cepat (Combe, 1992).

Semen *zinc oxide eugenol* dengan konsistensi tebal atau viskositas tinggi dapat menekan jaringan, sementara bahan yang tipis dan cair menghasilkan cetakan negatif dari jaringan. Campuran semen *zinc oxide eugenol* harus homogen dan konsisten. Semakin besar konsistensi bahan, kekuatannya semakin besar (Batchelor, 2009).

Kekuatan dan ketahanan abrasi dari semen *zinc oxide eugenol* dapat ditingkatkan dengan menggabungkan partikel polimer halus sebanyak 20-40% berat dan melapisi permukaan partikel oksida seng dengan asam karboksilat. Pengalaman klinis dari bahan ini menunjukkan bahwa bahan dapat berfungsi efektif sebagai bahan restorasi sampai sedikitnya satu tahun. Untuk mendapatkan sifat yang diperlukan untuk kegunaan ini, harus ditambahkan jumlah aditif yang memadai (Batchelor, 2009).

Tabel 2.2 Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik semen gigi (Philips, 1997)

Sifat Berbagai Semen Gigi untuk Perekatan					
	Waktu Pengerasan (menit)	Ketebalan Lapisan (μm)	Kekuatan tekan (Mpa)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Pelarat dan Disintergrasi didalam air (% wt)
Seng Fosfat	5,5	20	104	5,5	0,06
OSE, tipe I	4-10	25	6-28		0,04
OSE+alumina+EBA	9,5	25	55	4,1	0,05
OSE+polimer (tipe II)	40704	32	48	4,1	0,08
Silikofosfat	3,5-4	25	145	7,6	0,4
Semen Resin	40578	<25	70-172		0,0-0,01
Polikarboksilat	6	21	55	6,2	0,06
Ionomer Kaca	7	24	86	6,2	1,25

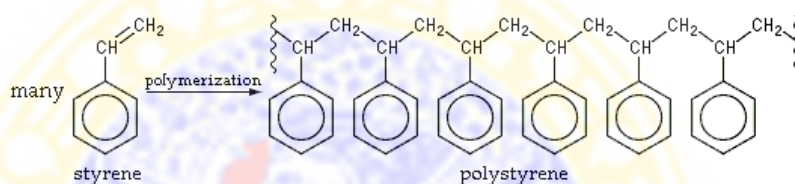
2.4 Zat Aditif Polistiren

Zat aditif merupakan suatu zat yang ditambahkan pada suatu bahan atau campuran. Fungsi dari zat aditif meliputi perlindungan terhadap pengaruh lingkungan (antioksidan, antiozon), identifikasi (pewarna, pigmentasi), mempermudah pemrosesan, ketangguhan dan sebagai pengisi.

Beragam jenis pengisi digunakan untuk polimer. Pada termoset ditambahkan bahan seperti mika, serat gelas, serbuk gergaji, halus yang berguna untuk meningkatkan sifat rekayasa dan untuk menekan harga produk cetak. Pengisi dan aditif lainnya memegang peranan penting pada produksi karet vulkanisir. Pengisi-inert memudahkan penanganan material sebagai vulkanisir. Pengisi-penguat menghalangi pergerakan segmen antara titik cabang. Sebagai contoh karbon hitam digunakan sebagai pengisi ban mobil untuk meningkatkan

modulus gear, kekuatan sobek, kekerasan, dan ketahanan abrasi terhadap permukaan jalan (Brauer, 1986).

Bahan resin sintetik (plastik) mempunyai pengaruh besar terhadap kedokteran gigi dan sekarang digunakan sebagai suatu bahan penutup scalan (bahan pencegah yang digunakan untuk menutup fisura terhadap serbuan bakteri kariorganik), bahan perekat, bahan restoratif, bahan pelapis/vinir, gigi tiruan, dan bahan cetak (Anusavice, 2003).



Gambar 2.4 Ikatan kimia polistiren (Anusavice, 2003)

Zat aditif yang digunakan dalam penelitian ini adalah polistiren. Polistiren merupakan polimer linier dengan sifat termal sebagai bahan termoplastik. Sifat dasar dari bahan ini akan lunak pada temperatur maksimal sekitar $<95^{\circ}\text{C}$ dan menjadi cairan kental pada $120^{\circ}\text{C} - 180^{\circ}\text{C}$ dan menjadi encer diatas 250°C , kemudian terurai diatas $320^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$.

Polistiren memiliki massa jenis lebih rendah dari polietilen dan polipropilen. Bahan ini tahan terhadap asam, alkali, asam organik, minyak bumi dan alkohol, tetapi mudah larut dalam keton ester dan pelarut hidrokarbon aromatik. Memiliki sifat listrik yang lebih baik sebagai insulator terutama bagi frekuensi tinggi, memiliki kekuatan impak yang rendah dan bersifat getas. Polistiren memiliki stabilitas dimensi yang tinggi, tahan air (bahan kimia non-organik seperti alkohol) dan merupakan aditif yang mudah terbakar. Penambahan aditif polistiren pada semen zinc oxide eugenol ini akan memperkuat struktur

atom ikatannya, sehingga menambah sifat ketahanan terhadap karies akibat suasana asam pada rongga mulut (Philips, 1997).

Table 2.3 Karakteristik polistiren (Philips, 1997)

Kekuatan tarik (kgf/mm ²)	4.5 – 6.3
Kekuatan tekan (kgf/mm ²)	8-11.2
Modulus tarik (Mpa)	3200-3400
Konduktivitas termal (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	0.116
Indeks refraksi	1.59 – 1.6
Perpanjangan (%)	1.0 – 2.5
Kekuatan impak (Jm ⁻¹)	19
Penyerapan air (24 jam, %)	0.03 – 0.10
Massa jenis (gr/cm ³)	1.05 – 1.07
Modulus elastis (kgf/mm ² x 10 ²)	2.8 – 3.5
T _m (°C)	250
T _s (°C)	100
Berat molekul (10 ³)	8-8.5

Resin sintetik berkembang sebagai bahan tambal atau restorasi karena sifatnya yang tidak mudah larut, sintesis, tidak peka terhadap dehidrasi, tidak mahal, dan relatif mudah untuk dimanipulasi. Penambahan polistiren pada semen gigi *zinc oxide eugenol* berfungsi sebagai *reinforced agent*. Penambahan polistiren pada eugenol berfungsi dalam meningkatkan adesi semen sehingga ikatan semen menjadi lebih kuat. Penambahan ini diharapkan dapat mengurangi kelarutan dari

semen *zinc oxide eugenol* dan meningkatkan sifat mekanis berupa daya rekat dan kuat tekan (daya kunyah gigi) dari semen tersebut (Philips, 1997).

Penambahan zat aditif polistiren ini dapat meningkatkan karakteristik sifat fisis dan mekanis semen gigi *zinc oxide eugenol* yaitu berupa ketahanan tambalan semen. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya, dengan penambahan polistiren pada semen gigi sebesar 10% terhadap berat powder semen *zinc oxide eugenol* menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 16 MPa sehingga semen tersebut dapat digunakan sebagai restorasi dalam jangka waktu lebih lama dan dapat digunakan sebagai semen basis. Untuk semen basis harus mempunyai kekuatan yang cukup agar pada saat dilakukan restorasi bahan semen tidak retak (Nurhasanah, 2009).

2.5 Karies Gigi

Karies adalah kerusakan yang terbatas pada jaringan gigi mulai dari email gigi hingga menjalar ke dentin (tulang gigi). Jika tidak ditangani, penyakit ini dapat menyebabkan nyeri, infeksi, penanggalan gigi, berbagai kasus berbahaya bahkan kematian. Beberapa faktor utama penyebab karies gigi antara lain bentuk gigi yang tidak beraturan dan air ludah yang banyak lagi kental dapat mempermudah terjadinya karies. Makanan yang mudah lengket dan menempel di gigi seperti permen dan coklat, memudahkan terjadinya karies (Holloway, 2001).

Lubang gigi dapat juga disebabkan oleh beberapa tipe dari bakteri penghasil asam yang dapat merusak karena reaksi fermentasi karbohidrat termasuk sukrosa, fruktosa, dan glukosa. Bakteri yang menyebabkan karies adalah dari jenis *Streptococcus* dan *Lactobacillus*. Asam yang diproduksi tersebut

mempengaruhi mineral gigi sehingga menjadi sensitif pada pH rendah. Gigi akan mengalami demineralisasi dan remineralisasi. Ketika pH turun menjadi di bawah 5,5, proses demineralisasi menjadi lebih cepat dari remineralisasi. Hal ini menyebabkan lebih banyak mineral gigi yang luluh dan membuat lubang pada gigi (Rogers, 2008).

Bergantung pada seberapa besarnya tingkat kerusakan gigi, sebuah perawatan dapat dilakukan. Perawatan dapat berupa penyambuhan gigi untuk mengembalikan bentuk, fungsi, dan estetika. Namun, belum diketahui cara untuk meregenerasi secara besar-besaran struktur gigi. Untuk itu dilakukan perawatan pada berbagai jenis karies dengan cara menambal/memberi tumpatan baik sementara maupun permanen pada gigi yang berlubang (Holloway, 2001).

Klasifikasi karies menurut G. V. Black menggunakan lokasi spesifik dari lesi karies pada gigi yang sering terjadi. Karies kelas I terjadi pada ceruk dan fisura dari semua gigi, meskipun lebih ditujukan premolar dan molar. Kavitas pada permukaan halus atau lesi mesial dan atau distal biasanya berada di bawah titik kontak yang sulit dibersihkan (Phillips, 1997).

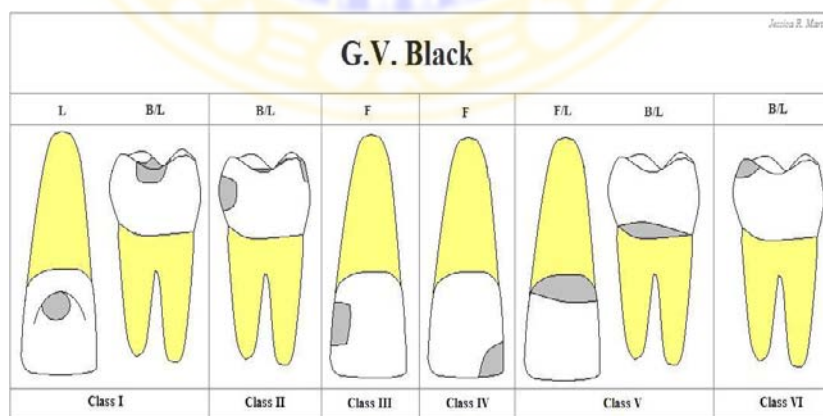
Karies kelas II dapat mengenai permukaan mesial dan distal atau hanya salah satu permukaan proksimal dari gigi sehingga dapat digolongkan menjadi kavitas MO (mesio-oklusal), DO (disto-oklusal), dan MOD (mesio-oklusal-distal). Karena akses untuk perbaikan biasanya dibuat dari permukaan oklusal, permukaan oklusal dan aproksimal dari gigi direstorasi sekaligus. Tetapi bila dilihat definisinya, kavitas ini adalah lesi proksimal dan tidak selalu mencakup permukaan oklusal (Phillips, 1997).

Karies kelas III terdapat pada gigi anterior, bisa terjadi pada permukaan mesial atau distal dari insisivus atau kaninus. Lesi ini juga terjadi di bawah titik kontak, tapi berbeda dengan lesi pada gigi molar yang bentuknya *elips*, karies kelas III bentuknya bulat dan kecil (Phillips, 1997).

Karies kelas IV adalah kelanjutan dari karies kelas III. Karies yang luas atau abrasi yang hebat bisa melemahkan sudut insisal dan menyebabkan terjadinya fraktur. Karies kelas IV adalah karies pada permukaan proksimal gigi anterior yang telah meluas sampai ke sudut insisal (Phillips, 1997).

Karies kelas V juga bisa terjadi baik pada permukaan fasial maupun lingual, namun lebih dominan timbul di permukaan yang menghadap ke bibir dan pipi daripada lidah. Karies kelas V bisa mengenai sementum selain email (Phillips, 1997).

Karies kelas VI terjadi pada ujung tonjol gigi posterior dan *edge* insisal gigi insisivus. Pembentukan yang tidak sempurna pada ujung tonjol atau *edge* insisal seringkali membuat daerah tersebut rentan terhadap karies (Phillips, 1997).



Gambar 2.4 Klasifikasi Karies Dr. G. V. Black

Penjalaran karies mula-mula terjadi pada email, struktur email sangat menentukan terjadinya karies. Permukaan email luar lebih tahan terhadap karies dibandingkan lapisan dibawahnya karena lebih padat dan keras. Untuk menjaga kekerasannya ini, email sangat membutuhkan ion yang disebut flour (Holloway, 2001).

2.6 Karakterisasi Semen Gigi

Sifat mekanik bahan adalah hubungan antara respon atau deformasi bahan terhadap beban yang bekerja (berkaitan dengan kekuatan). Sifat fisis merupakan segala aspek dari suatu objek atau zat yang dapat diukur atau dipersepsikan tanpa mengubah identitasnya. Kekuatan tekan merupakan ukuran kekuatan maksimum dari bahan untuk menerima tekanan, dan kekerasan merupakan ukuran ketahanan bahan terhadap deformasi tekanan atau penetrasi yang bersifat tetap atau permanen. Sifat mekanik yang diukur adalah uji tekan (*compressive strength*) untuk mengetahui kuat tekan dan uji tarik (*tensile strength*) untuk mengetahui kuat rekat. Sedangkan uji kekuatan fisik adalah uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui struktur mikronya berupa gambar ikatan senyawa antara campuran semen gigi *zinc oxide eugenol* dengan aditif polistiren (Van Vlack, 1991).

2.6.1 Kekuatan Tekan (*Compressive Strength*)

Kekuatan tekan (*Compressive Strength*) tergantung pada tegangan yang diberikan pada sampel. Tegangan adalah perubahan gaya terhadap luas

penampang daerah yang dikenai gaya tersebut. Nilai tegangan dapat diperoleh dari persamaan:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2.6)$$

τ adalah kuat tekan (kgf/m^2), F adalah beban (kgf), dan A adalah luas penampang (m^2)

Sedangkan *Compressive strength* adalah ukuran ketahanan sampel terhadap tekanan yang diberikan pada sampel sebelum sampel tersebut rusak. Besarnya *Compressive Strength* sama besar dengan nilai tegangan yang diberikan (Van Vlack,1991).



Gambar 2.5 Alat uji kuat tekan Autograph Shimadzu dan sampel uji tekan

Sebelum melakukan pengujian kuat tekan, yang harus dilakukan pertama kali adalah membersihkan pelat baja atas dan bawah serta permukaan sampel. Kemudian letakkan sampel pada pelat baja bawah, atur sumbu memanjang sampel sehingga berada pada titik pusat sendi peluru pada pelat baja atas. Atur pelat baja secara perlahan hingga menyentuh permukaan sampel secara merata. Atur jarum penunjuk manometer pengukur tekanan dan lakukan

pembacaan awal. Lalu tingkatkan beban aksial sampai kondisi benda uji runtuh, pemberian beban aksial dapat dilakukan dengan cara kontrol tegangan atau regangan.

2.6.2 Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Tensile Strength diukur dengan pemberian beban *tensile* secara langsung pada spesimen. Untuk menjamin spesimen tercekam dengan baik maka bagian ujungnya biasanya dibuat lebih besar daripada bagian tengah. Bahan yang getas sangat mudah patah pada bagian ujung spesimen (bagian yang dicekam) (Combe, 1992).

Prinsip *Tensile Strength* adalah menghitung besarnya beban tarik maksimum per satuan luas. Kuat tarik merupakan kekuatan tegangan maksimum bahan untuk menahan tegangan yang diberikan, yaitu:

$$TS = \frac{F}{A} \quad (2.7)$$

TS adalah kuat tarik (kgf/m^2), F adalah beban (kgf), dan A adalah luas penampang (m^2) (Van Vlack, 1991).



Gambar 2.6 alat uji kuat rekat Autograph Shimadzu

Sebelum melakukan pengujian kuat tarik, yang harus dilakukan adalah membersihkan pelat baja atas dan bawah serta permukaan sampel. Kemudian letakkan sampel pada pelat baja bawah, atur sumbu memanjang sampel sehingga berada pada titik pusat sendi peluru pada pelat baja atas dan bawah. Atur posisi pelat baja secara perlahan hingga ujung antara gigi dan tambalan semen terjepit dari 2 sisi yang berlawanan. Beri beban awal pada sampel, lalu tingkatkan beban aksial sampai kondisi benda uji patah, pemberian beban aksial dapat dilakukan dengan cara kontrol tegangan atau regangan.

2.6.3 Scanning Electron Microscopy (SEM)

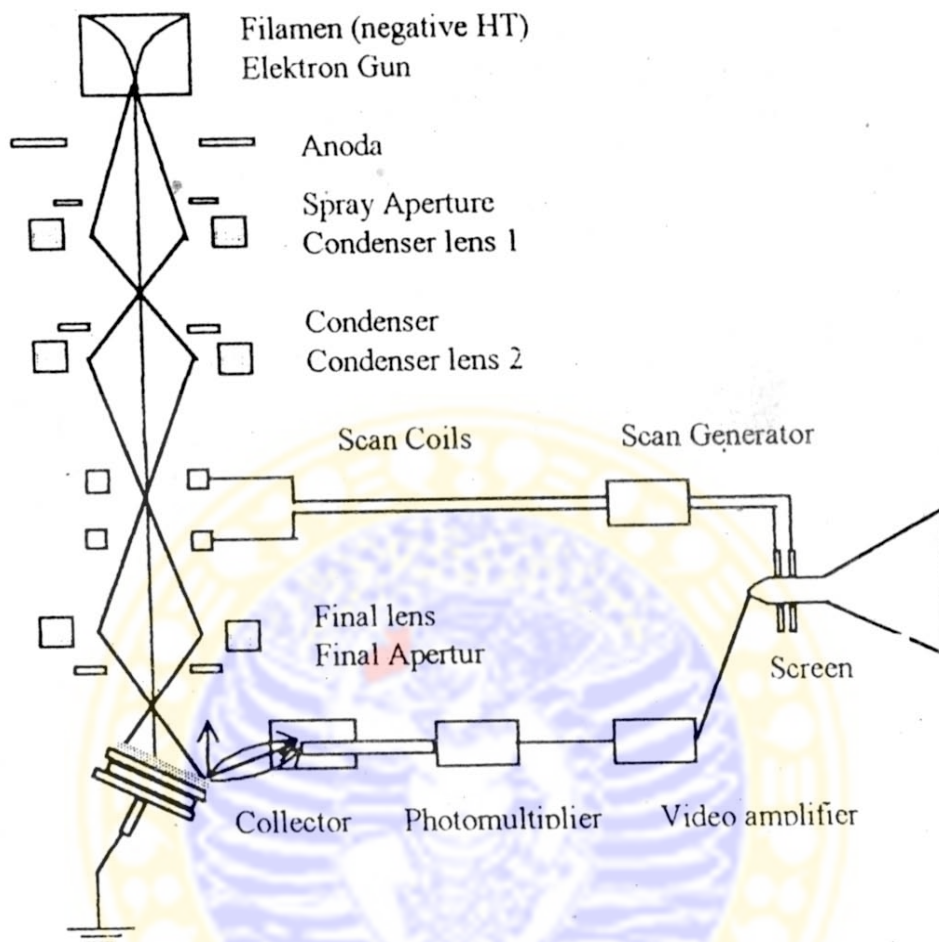
Struktur mikro bahan dapat diketahui dengan menggunakan peralatan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). SEM terdiri dari sebuah senapan elektron yang memproduksi berkas electron pada tegangan dipercepat sebesar 2-30 kV. Berkas elektron tersebut dilewatkan pada beberapa lensa elektromagnetik untuk menghasilkan *image* berukuran sekitar 10 nm pada sampel yang ditampilkan

dalam bentuk film fotografi atau kedalam tabung layar. SEM sangat cocok digunakan dalam situasi yang membutuhkan pengamatan permukaan kasar dengan pembesaran berkisar 20x hingga 500.000x (Agustine, 1998).

Teknik SEM pada hakekatnya merupakan pemeriksaan dan analisis permukaan. Data tampilan yang diperoleh adalah data permukaan atau lapisan dengan ketebalan sekitar $20 \cdot 10^{-6}$ m dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh adalah gambar topografi permukaan dengan segala tonjolan dan lekukan permukaan. Kata kunci dari SEM adalah *Scanning* yang berarti bahwa berkas elektron "menyapu" permukaan spesimen, titik demi titik dengan sapuan berbentuk baris demi baris. Intensitas gambar pada SEM bergantung pada nomor atom unsur yang ada pada permukaan spesimen. Melalui cara ini akan diperoleh gambar yang menyatakan perbedaan unsur kimia. Warna lebih terang menunjukkan unsur kimia yang nomor atomnya lebih tinggi (Trewin, 1991).

Kandungan berbagai unsur kimia dapat diperoleh secara kuantitatif ataupun semi-kuantitatif dengan teknik EDAX (*Energy Dispersive Analysis X-Ray*). Maka dengan penggabungan teknik SEM dan teknik EDAX, akan dapat mengidentifikasi unsur yang dimiliki oleh fasa yang terlihat dalam Gambar 2.5. (Trewin, 1991).

Diagram skematik dan cara kerja SEM digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.7 Diagram Skematik fungsi dasar dan cara kerja SEM (Trewin, 1998)

Sebelum melalui lensa elektromagnetik terakhir, scanning faster mendefleksikan berkas elektron untuk men-scan permukaan sampel. Hasil scan ini tersinkronisasi dengan *Cathode Ray Tube (CRT)* dan image sampel akan tampak pada area scan. Tingkat kontras yang tampak pada CRT timbul karena reflektivitas yang berbeda-beda dari sampel (Agustine, 1998).

Ketika berkas elektron menumbuk permukaan sampel sejumlah elektron direfleksikan sebagai *Back Scattered Electron (BSE)* dan yang lain membebaskan

energi rendah *Secondary Electron (SE)*. Emisi radiasi elektromagnetik dari sampel timbul pada panjang gelombang yang bervariasi. Elektron-elektron BSE dan SE yang direfleksikan, dikumpulkan oleh Scantillator yang memancarkan sebuah pulsa cahaya pada elektron yang datang. Cahaya yang dipancarkan diubah menjadi sinyal listrik dan diperbesar oleh foto multiplier. Setelah melalui proses pembesaran, sinyal tersebut dikirim ke grid CRT.

2.7 Hewan Coba

Dalam penelitian ini digunakan hewan coba untuk mengetahui karakteristik sifat fisis dan mekanis semen *zinc oxide eugenol* yang meliputi kuat tekan, kuat rekat dan struktur mikro dengan penambahan aditif polistiren. Penggunaan kelinci sebagai hewan coba ini didasari oleh sifat kelinci yang memiliki daya tahan tubuh ideal dan tingkat pemulihan yang cepat.

Kelinci termasuk hewan mamalia dari ordo Lagomorpha famili Leporidae termasuk spesies Riverine (*Bunolagus Monticularis*) dan merupakan ordo Lagomorpha, memiliki masa hidup antara 5 hingga 10 tahun dalam perawatan eksklusif/ peternakan. Pada umur 4-10 bulan kelinci sudah memasuki usia dewasa, dan siap digunakan sebagai hewan coba. Volume darah kelinci yaitu 40 ml/kg berat badan, sedangkan berat badan kelinci tergantung pada ras, jenis kelamin dan pemeliharaan. Struktur gigi kelinci memiliki dua pasang gigi seri pada rahang bawah, pertumbuhan gigi seri ini bersifat terbuka atau terus-menerus. Kelinci juga memiliki gigi daerah pipi/ molar (*cheek teeth*) yang juga tumbuh terbuka (Patri, 2007).



Rahang Atas	3	3	0	2	2	0	3	3
Jenis Gigi	M	P	C	I	I	C	P	M
Rahang Bawah	3	2	0	1	1	0	2	3

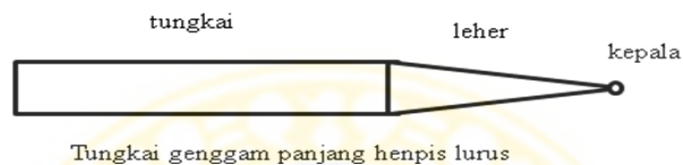
Gambar 2.8 Kelinci sebagai hewan coba dan susunan giginya (Patri, 2007)

Susunan gigi kelinci pada rahang atas yaitu 6 gigi geraham yang terdiri atas 3 gigi molar (M), 3 gigi premolar (P) kanan dan kiri, dan 2 pasang gigi seri (I). Sedangkan untuk rahang bawah gigi kelinci terdiri dari 3 gigi molar dan 2 gigi premolar masing-masing kanan dan kiri. Kelinci tidak memiliki gigi taring (C), namun memiliki 2 gigi seri atas dan bawah yang bersifat terbuka atau tumbuh terus menerus.

2.8 Bur

Bur merupakan alat yang digunakan untuk preparasi kavitas, berupa pemotong *rotatif* (putar) dengan bilah tajam berbagai berbagai bentuk yang dirancang untuk dipakai dalam henpis. Istilah bur juga dipakai untuk instrumen putar yang terbuat dari intan yang berukuran kecil. Bur terdiri atas bagian pemotong (kepala bur), shaft atau gagang bur yang merupakan bagian bur yang terpasang pada henpis, dan tangkai atau leher bur yang umumnya berbentuk mengecil keatas yang menghubungkan kepala bur dengan gagangnya (Harty, 1992).

Bur, yang ukuran bentuknya bervariasi, digunakan untuk mempreparasi kavitas dan merapikan restorasi. Bur bisa mempunyai leher yang panjang dan halus yang dipakai pada henpis lurus, atau tipe grendel (*latch type*) dengan gagang yang lebih pendek (Harty, 1992).



Gambar 2.9 Bagian Bur (Harti, 1992)

Bur terdiri dari baja dan beberapa bur dibuat dengan bilah pemotong yang dikeraskan yang terbuat dari karbida tangsten. Terdapat juga bur yang lebih kecil, gagang yang halus yang dipasang pada henpis berkecepatan tinggi dengan sistem genggam (*friction grip*) disebut FG bur digunakan untuk awal preparasi orifice untuk mendapatkan outline yang tepat (Harty, 1992).



Gambar 2.10 mata bur dan hand piece (Harti, 1992)

Ada 3 tipe utama, yaitu bur fisur, bur *inverted*, dan sebagai tambahan ada *curson cavity* dan *restoration finishing*. Bur fisur, ada yang silindris atau menguncup dengan ujung datar atau membulat dan bilah potongnya bisa juga berbentuk *cross-cut*, misalnya *flat-fissure*, *cross-cut fissure*, *round-ended fissure* dan *tapped fissure*. *Curson cavity* dan *restoration finishing*, *Wheel bur* dan *end cutting bur* bentuknya bervariasi. Ada yang mempunyai bilah pemotong hanya pada ujungnya saja, digunakan untuk memotong dan menghaluskan preparasi bahu. *Diamond bur* berbentuk bulat, silindris menguncup dan berbagai bentuk lain. Finishing bur mempunyai bilah pemotong yang lebih kecil dan lebih banyak. Dibuat dalam berbagai ukuran dan bentuk, misalnya bulat, seperti nyala api dan buah pir. Miniatur bur merupakan rangkaian bur yang dibuat untuk henpis kecil (Harty, 1992). Pada penelitian ini menggunakan *Round bur*, *fissure bur*, and *tapped bur* sebagai pembuat ceruk buatan pada gigi kelinci.