

BAB 2

TEORI PENUNJANG

2.1. Email Gigi

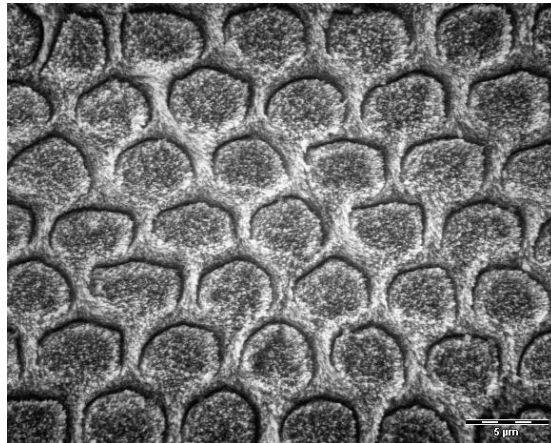
2.1.1. Komposisi Email

Email merupakan bagian terkeras dari tubuh manusia yang hanya terdapat pada mahkota gigi. Email pada gigi permanen yang telah erupsi terdiri dari 96-98% materi inorganik yang terdiri dari kristal hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) dan sisanya merupakan air dan materi organik fibrosa.¹⁰ Ruangang yang berada di antara kristal hidroksiapatit diisi oleh suatu material organik berupa protein bermolekul tinggi yang terdiri dari asam aspartat, serin, glisin, prolin, dan asam glutamat.¹¹ Enamelin akan terus menetap pada email yang telah dewasa.¹¹

2.1.2. Struktur Email

2.1.2.1. Email Rod

Email rod merupakan unit struktural email berupa kolom yang berjalan dari perlekatan email-dentin (*Dentinoenamel Junction*) sampai ke permukaan gigi dengan adanya substansi interrod di antaranya. Setiap email rod terdiri dari kristal hidroksiapatit. Email gigi mengandung jutaan email rod. Setiap email rod memiliki diameter yang bervariasi, antara 6-8 μm pada gigi permanen.¹²



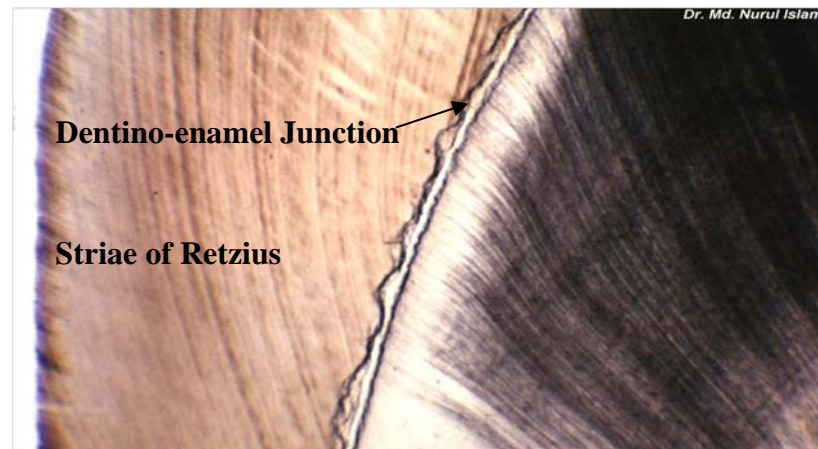
Gambar 2.1. Prisma Email dari permukaan email dengan etsa asam.
Gambar diambil dengan SEM.¹³

Kristal-kristal hidroksiapatit yang terkandung pada email rod menyebar dari bagian lateral sampai dengan bagian tengah prisma. Pada bagian tengah, kristal apatit berjalan sejajar terhadap sumbu longitudinal prisma tersebut. Semakin ke lateral, kristal-kristal tersebut membelok sehingga pada daerah interprisma, kristal apatit berjalan tegak lurus terhadap sumbu longitudinal prisma.¹⁴

Arah jalan kristal apatit di dalam email rod menyebabkan adanya perbedaan kelarutan email terhadap asam pada saat terjadi proses demineralisasi. Hal ini akan memengaruhi sifat email seperti kekuatan dan daya tahannya.¹⁴

2.1.2.2. **Striae of Retzius**

Merupakan garis pertumbuhan *incremental*. Terlihat sebagai pita gelap yang merefleksikan bidang email yang berturut-turut pada penampang longitudinal. *Striae of Retzius* terlihat jelas pada gigi permanen, tetapi kurang jelas pada gigi sulung.¹¹



Gambar 2.2. Line of Retzius dan Dentino Enamel Junction¹⁵

2.1.3. Sifat Fisik Email

Email memiliki sifat yang sangat keras karena bahan mineralnya. Meskipun demikian, email memiliki kelenturan yang rendah, sehingga dapat mengakibatkan timbulnya retakan email (*enamel crack*) pada permukaan email.¹⁶ Email tembus cahaya dan memiliki variasi warna karena adanya variasi ketebalan yang memengaruhi refleksi warna dentin yang berada di bawahnya. Ketebalan lapisan email bervariasi dari 0,5 mm pada daerah servikal hingga 2,5 mm pada puncak *cusps* gigi.¹⁶

2.2. Remineralisasi dan Demineralisasi

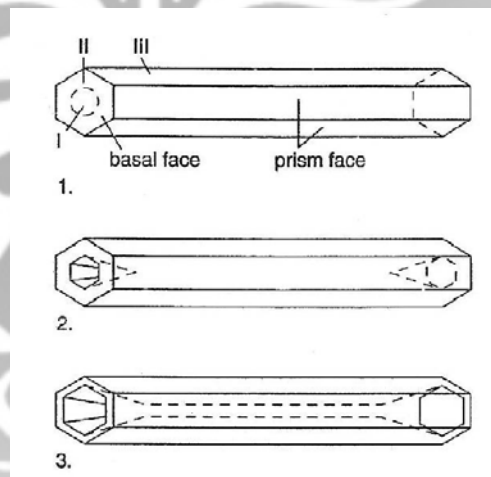
2.2.1. Demineralisasi

Kandungan mineral dari email adalah kristal hidroksiapatit (HA), $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Pada lingkungan netral, kondisi kristal tersebut seimbang dengan lingkungan *aqueous* lokal (saliva) yang tersaturasi dengan ion Ca^{2+} dan PO_4^{3-} .

Pada kondisi kristal hidroksiapatit tidak mengandung fluoride, kristal tersebut bereaksi terhadap ion hidrogen dengan pH 5,5 atau lebih rendah. pH tersebut merupakan pH kritis untuk kristal hidroksiapatit. Akan tetapi, apabila terdapat ion fluoride pada lingkungan, pH kritis untuk kristal hidroksiapatit turun menjadi 4,5.¹⁰

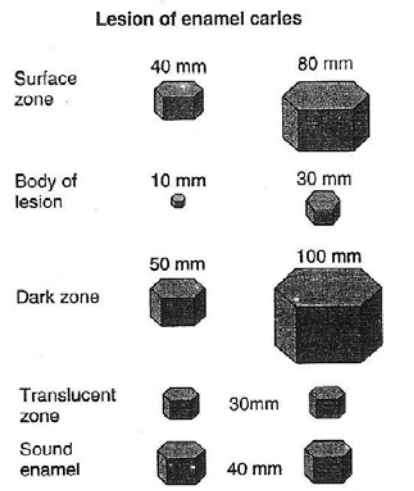
Proses demineralisasi yang terjadi pada kristal apatit dapat dideskripsikan sebagai penggantian ion PO_4^{3-} menjadi ion HPO_4^{2-} dengan tambahan H^+ dan pada waktu yang sama H^+ disangga (mengalami *buffering*). Ion HPO_4^{2-} tidak dapat berkontribusi kepada keseimbangan kristal hidroksiapatit normal karena mengandung PO_4^{3-} dibandingkan HPO_4^{2-} sehingga kristal hidroksiapatit larut. Hal ini disebut dengan demineralisasi.¹

Pada penampakan dengan SEM, adanya proses demineralisasi kristal hidroksiapatit menunjukkan pembesaran jalur interkristalin. Perbesaran ruang menghasilkan pembesaran jalur untuk difusi mineral keluar dari email dan penetrasi asam ke dalam lapisan yang di bawahnya.



Gambar 2.3. Proses Destruksi Kristal Hidroksiapatit¹²

Sumber: Primary Preventive Dentistry



Gambar 2.4. Perbandingan Ukuran Kristal Email Saat Lesi Karies

Sumber: Primary Preventive Dentistry

2.2.2. Remineralisasi

Proses demineralisasi dapat dikembalikan jika pH dinetralkan dan terdapat ion Ca^{2+} dan PO_4^{3-} yang cukup pada lingkungan. Keberadaan ion Ca^{2+} dan PO_4^{3-} akan mengisi kembali ruangan dari kristal yang telah terdemineralisasi. Proses tersebut dinamakan remineralisasi. Interaksi ini dapat ditingkatkan dengan keberadaan ion fluoride pada tempat reaksi. Dasar kimiawi dari proses demineralisasi/remineralisasi ini sama pada email, dentin dan sementum akar.¹

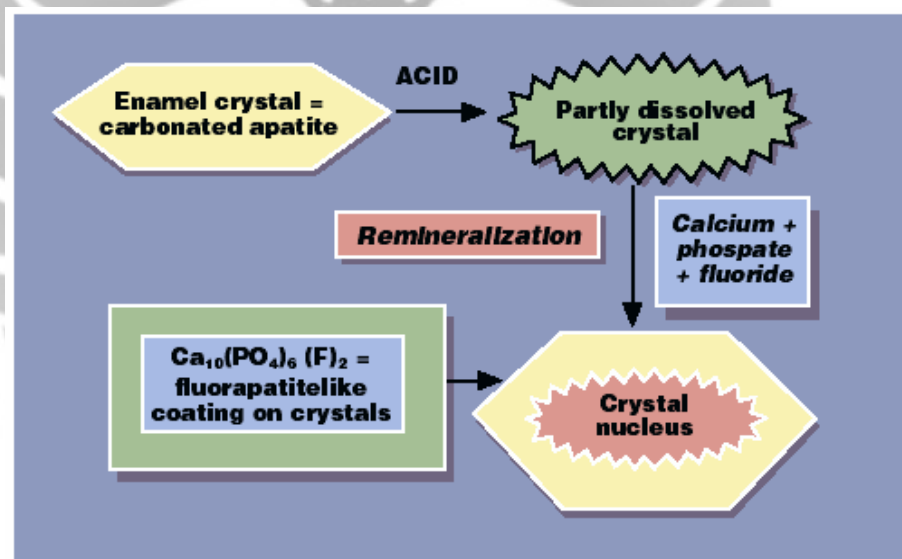
Remineralisasi secara in vitro dilakukan dengan membuat larutan remineralisasi. Larutan remineralisasi buatan harus memenuhi beberapa syarat, yaitu:

1. hidrofilik
2. memiliki viskositas yang rendah sehingga dapat melakukan penetrasi sampai lapisan *subsurface*
3. antibakteri
4. memiliki suplemen saliva
5. bereaksi cepat
6. dapat diandalkan

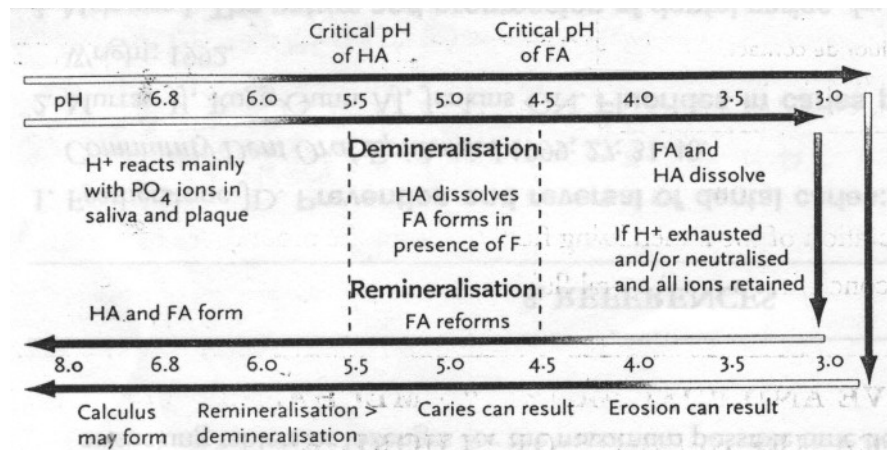
2.2.3. Reaksi Progresif Ion Asam dengan Apatit

Pada proses demineralisasi, seiring dengan penurunan pH, ion hidrogen bereaksi dengan fosfat pada saliva dengan plak atau kalkulus, sampai pH kritis untuk disosiasi HA tercapai pada kurang lebih pH 5.5. Penurunan pH lebih lanjut akan menghasilkan interaksi progresif dari ion asam dengan kelompok fosfat dari HA yang menghasilkan dissolusi parsial atau keseluruhan dari kristalit permukaan.

Fluoride yang disimpan dilepaskan dalam proses ini bereaksi dengan produk penguraian ion Ca^{2+} dan HPO_4^{2-} , membentuk FA atau fluoride enriched apatite. Jika pH turun dibawah 4.5 yang merupakan pH kritikal untuk dissolusi FA, FA akan terurai. Jika ion asam dinetralisasi, dan ion Ca^{2+} serta HPO_4^{2-} dikembalikan, proses pembalikan (*reverse*) dari remineralisasi dapat terjadi.¹



Gambar 2.5. Proses demineralisasi dan remineralisasi²⁷



Gambar 2.6. Siklus demineralisasi dan remineralisasi ¹

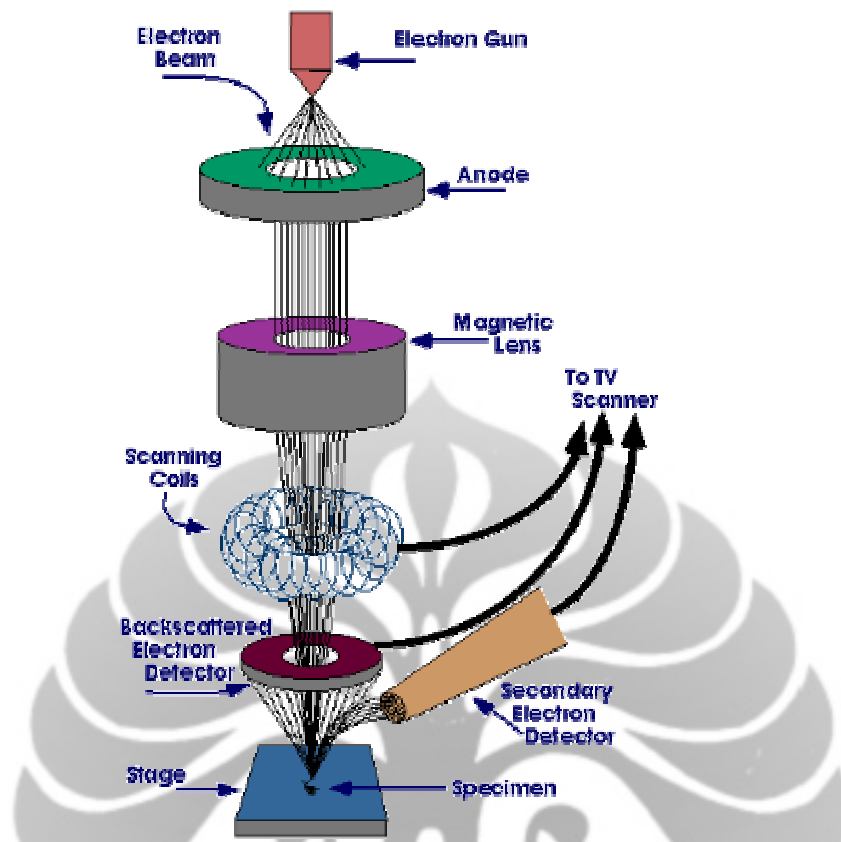
2.2.4. Kemungkinan *Sequelae*

Sequelae yang terjadi bergantung pada kekuatan asam yang ada, frekuensi dan durasi produksi serta potensi remineralisasi pada setiap situasi.¹ Kemungkinan *sequelae* antara lain:

- Email menjadi lebih matang → menjadi lebih tahan asam
- Karies kronik dapat berkembang → demineralisasi lambat dengan remineralisasi yang aktif (*subsurface lesion*)
- Rapid (rampant) karies dapat terjadi → demineralisasi cepat dengan remineralisasi yang tidak adekuat
- Terjadi erosi → demineralisasi sangat cepat tanpa remineralisasi

2.3. Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM), adalah mikroskop elektron yang membentuk citra tiga dimensi pada tabung sinar katode dengan menggunakan loncatan elektron yang bergerak dan membaca elektron yang dipantulkan dari objek yang dilihat.²⁴ Secara singkat, SEM dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.7. Diagram Kerja SEM²³

Dengan menggunakan SEM, spesimen yang akan dilihat dapat diperbesar hingga 200.000 kali.²⁵ Hal ini memungkinkan hasil uji spesimen gigi menampakkan permukaan email secara mikroskopis. Gambaran SEM adalah berupa foto mikrograf yang menampilkan gambaran hitam putih, sehingga pada analisis data menggunakan SEM, digunakan analisis kualitatif.

Spesimen yang akan diuji dengan menggunakan SEM terkadang memerlukan proses penyesuaian supaya dapat dibaca oleh SEM.²⁴ Untuk pemeriksaan email, potongan gigi yang telah disiapkan akan diberikan perlakuan *conductive coating*, yaitu pelapisan spesimen dengan lapisan yang sangat tipis dari material yang mampu mengkonduksi elektron.²⁴ Akan tetapi, sebelum proses *coating* dilakukan, spesimen harus *divacuum* terlebih dahulu

supaya kandungan air dan udara pada spesimen hilang dan tidak mengganggu pembacaan hasil SEM.²³

2.4. Xylitol

Xylitol adalah gula alkohol yang merupakan derivasi material hutan dan agrikultur. Telah digunakan sejak awal tahun 1960an sebagai terapi infus pasca operasi, pasien luka bakar dan *shock*; diet pasien diabetes; dan yang terkini sebagai pemanis dalam produk yang bertujuan meningkatkan kesehatan mulut.¹¹

2.4.1. Profil Kimia

Xylitol merupakan gula alkohol alami tipe pentitol. Xylitol mengandung 5 atom karbon dan 5 kelompok hidroksil. Oleh karena itu, xylitol juga dapat disebut sebagai pentitol. Xylitol masuk ke dalam polyalkohol (polyols) yang tidak menegaskan diri sebagai gula yang biasanya terdiri dari pemanis karbohidrat (sukrosa, *corn sugar*, *corn syrup*, *invert sugar*, D-fructose, D-glucose, dan lain-lain; dalam beberapa laporan, terminologi gula secara kolektif merujuk ke mono dan di sakarida). Polyols dapat dibentuk dan dikonversi menjadi gula (seperti aldoses dan ketoses).

Xylitol dan sebagian besar polyols lain menunjukkan sifat dental yang menarik, yaitu dapat membentuk tipe kompleks tertentu dengan kalsium dan kation polivalen tertentu lainnya, seperti kompleks Ca-xylitol pada rongga mulut dan usus. Kompleks tersebut dapat berkontribusi kepada remineralisasi dan demineralisasi lesi karies dentin dan email, hal ini diobservasi pada subjek yang mengkonsumsi xylitol sebagai kebiasaan. Dalam usus, kompleks ini dapat memfasilitasi absorpsi kalsium melalui dinding usus, efek ini disugestikan berperan dalam *xylitol-associated prevention of osteoporosis* pada hewan percobaan. Dalam sudut pandang dental, peran xylitol (dan polyols lain) adalah sebagai stabilisator kalsium

saliva dan ion fosfat. Adalah mungkin xylitol menstabilisasi sistem kalsium fosfat tampak pada saliva dengan cara yang sama seperti peptida saliva (seperti statherin).

Xylitol dua kali lebih manis dari sorbitol. Ketika dimakan dalam bentuk solid atau kristal (seperti pada permen karet), xylitol memberikan sensasi segar dan dingin karena *high endothermic heat solution* yang dimilikinya. Kandungan kalori xylitol kira-kira hampir sama dengan gula, bagaimana pun juga ketika dimakan sebagai bagian diet campuran, dapat memberikan kalori yang lebih rendah dari gula.

2.4.2. Sifat Metabolik

Xylitol adalah produk alami intermediat yang biasa terjadi pada metabolisme glukosa manusia dan hewan, serta metabolisme beberapa tanaman dan mikroorganisme. Xylitol mempunyai *steady-state concentration* yang rendah di dalam darah manusia. Ekskresi xylitol dalam urin kira-kira 0.3 mg per jam.

Pada manusia, xylitol dan sorbitol yang dicerna diabsorpsi melalui dinding usus pada laju yang sama dan lebih lambat dibandingkan D-glucose dan D-fructose. Pada subjek yang belum beradaptasi, dosis xylitol sekitar 0.5 g per kg berat badan akan menghasilkan tinja yang lunak (*osmotic diarrhea*). Setelah adaptasi yang baik, xylitol dapat diadministrasikan pada subjek manusia dengan jumlah 200 g atau lebih per hari tanpa terjadi diarrhea. Pada praktiknya, tidak lebih dari 50 – 70 g per hari dibagi selama sehari dapat diberikan. Kuantitas dental efektif dapat bervariasi antara 1 – 20 g per hari, terutama 6 – 12 g.

Xylitol menyediakan jumlah besar glikogen hati atau primarily D-glucose. Xylitol dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air dengan jalur fisiologis normal dari penguraian karbohidrat. Sekitar 85% xylitol turnover terjadi di hati. Sekitar 10% mengalami metabolisme ekstrahepatik di ginjal, dan sisanya digunakan oleh sel darah, korteks

adrenal, paru-paru, testis, otak, jaringan lemak, dan sebagainya. Sifat ini sama pada setiap cara administrasi, oral, atau intravena.

Terdapat perbedaan kecil antara xylitol endogen (alami) dan yang dikonsumsi dari luar tubuh. Xylitol endogen merupakan produk fisiologis intermediat dari D-xylulose dan L-xylulose. Reaksi ini mengambil tempat di mitokondria yang dikatalisasi oleh enzim spesifik untuk xylitol. Xylitol eksogen memasuki sirkulasi portal dan liver di mana xylitol mengalami dehidrogenasi ke dalam sitoplasma sel liver oleh non-specific polyol dehidrogenase enzim yang juga bisa bertindak pada sorbitol.

Sumber diet yang mengandung jumlah xylitol yang relatif besar adalah plum, raspberries, dan kembang kol (*0.3 – 0.9 g per 100 g dry matter*, jumlah bergantung kepada musim dan antara varietas tanaman).

Xylitol, D-fructose dan sorbitol dikonversi menjadi D-glucose dan berbagai metabolit D-glucose dalam metabolisme intermediat, dan dibawa ke main stream metabolisme karbohidrat, disimpan sebagai glikogen, dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air, atau digunakan sebagai material pembangun untuk biosintesis substansi seperti lemak.

Keuntungan xylitol sebagai pengganti gula:

- Xylitol mempunyai rasa yang enak dan rasa manis yang menyamai sukrosa.
- Dengan dosis xylitol yang benar, toleransi karbohidrat menjadi meningkat.
- Dosis kecil xylitol menstabilkan situasi metabolik pada diabetes tidak stabil
- Xylitol mempunyai sifat antiketogenik
- Xylitol mempunyai sifat non dan anti kariogenik.

2.4.3. Efek Dental Xylitol

Xylitol memiliki efek kariostatik dan antikariogenik. Hal ini berkaitan dengan sifat xylitol yang secara umum tidak bisa difermentasi oleh bakteri kariogenik, kecuali pada suatu kondisi khusus karena adanya kesalahan pengenalan struktur gula oleh bakteri yang hanya menciptakan *futile cycle*. Meskipun terjadi fermentasi pada xylitol, efeknya tidak menyebabkan terjadinya proses demineralisasi karena jumlah hasil fermentasinya tidak signifikan.²⁶ Xylitol dalam konsentrasi tinggi diketahui membentuk kompleks dengan Ca^{2+} , berpenetrasi ke email terdemineralisasi dan berinterferensi dengan transport *dissolved ions* dari lesi ke *demineralizing solution*. Amaechi, et al. melaporkan bahawa xylitol dan fluoride mempunyai efek aditif dalam reduksi bovine dental erosion ketika ditambahkan ke jus jeruk alami.⁷

Xylitol mengurangi pembentukan plak dan perlekatan bakteri (antimicrobial), menghambat demineralisasi email (mengurangi produksi asam), dan mempunyai efek inhibisi langsung pada *Streptococcus mutans*.

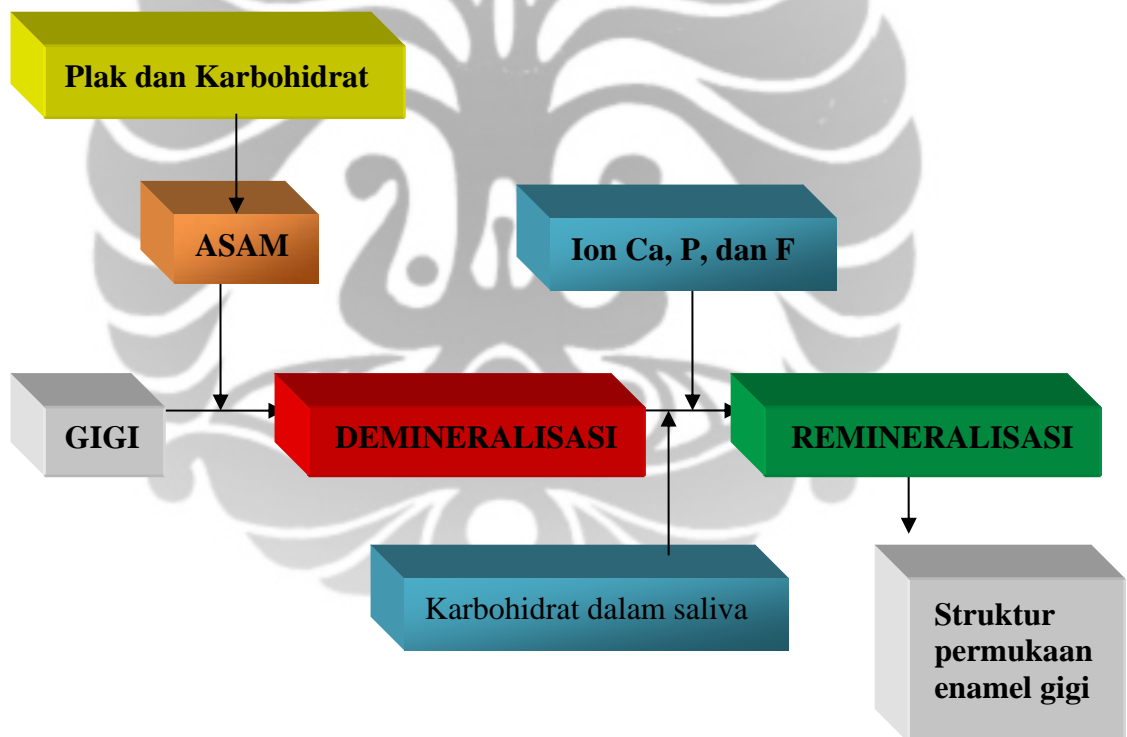
Beberapa penelitian mengindikasikan bahwa xylitol lebih superior daripada klorheksidine dan fluoride varnish dalam menginterupsi transmisi bakteri kariogenik.¹³ Studi xylitol menunjukkan hasil yang bervariasi dalam reduksi insiden karies atau tingkat *Streptococcus mutans*. Studi menyarankan asupan xylitol yang konsisten menghasilkan hasil yang positif dengan kisaran konsumsi 4-10 gram per hari dibagi 3-7 periode, jumlah yang lebih besar tidak menghasilkan reduksi yang lebih besar pada insiden karies dan dapat membawa ke berkurangnya hasil antikariogenik. Konsumsi dengan frekuensi kurang dari tiga kali per hari pada jumlah xylitol optimal tidak menunjukkan efek apapun. Diarrhea dilaporkan pada pasien yang mengkonsumsi 3 – 60 gram xylitol per hari.¹⁸

Manfaat xylitol:

- Membantu mengurangi perkembangan kavitas dental caries
- Melawan fermentasi bakteri oral
- Mengurangi formasi plak
- Meningkatkan aliran saliva dalam rangka membantu remineralisasi
- Sebagai komplemen fluoride.

Xylitol sekarang tersedia dalam berbagai bentuk seperti permen karet, mint, tablet yang dapat dikunyah, lozenges, pasta gigi, mouthwashes, obat batuk, dan produk nutraceutical.¹²

2.5. Kerangka Teori



Gambar 2.8. Kerangka Teori Penelitian