

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Cangkang Kerang Darah

Kerang merupakan jenis hewan bertubuh lunak (*mollusca*) yang termasuk pada kelas *bivalvia* (bercangkang dua). Cangkang kerang darah terdiri atas tiga lapisan yaitu periostrakum, prismatic dan nakreas. Periostrakum merupakan lapisan tipis dan gelap yang tersusun atas zat tanduk yang dihasilkan oleh tepi mantel sehingga sering disebut lapisan tanduk, fungsinya untuk melindungi lapisan yang ada di sebelah dalamnya dan lapisan ini berguna untuk melindungi cangkang kerang dari asam karbonat dalam air serta memberi warna cangkang kerang (Hafisko *dkk*, 2010).

Kerang tersebar pada beberapa daerah perairan di Indonesia yaitu di perairan pesisir Sumatera Utara, Jambi, Sumatera Selatan, Irian Jaya dan Pulau Jawa. Klasifikasi kerang darah menurut Linnaeus (Arita *dkk*, 2014) adalah sebagai berikut :

Fillum	: Mollusca
Kelas	: Bivalvia
Subkelas	: Filibranchiata
Ordo	: Eutaxodontida
Famili	: Arcidae
Subfamili	: Anadarinae
Genus	: <i>Anadara</i>
Spesies	: <i>Anadara granosa</i>
Nama lokal	: Kerang darah, bukur
Nama umum	: <i>Blood cockle</i>

Kerang darah (*Anadara granosa*) merupakan salah satu jenis kerang yang berpotensi dan bernilai ekonomis untuk dikembangkan sebagai sumber protein dan mineral untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakat Indonesia. Kerang darah banyak ditemukan pada substrat yang berlumpur di muara sungai dengan tofografi pantai yang landai sampai kedalaman 20 m. Kerang darah bersifat infauna yaitu hidup dengan cara membenamkan diri di bawah permukaan lumpur di perairan dangkal (Muntamah, 2011).

Tabel 2.1 Komposisi kimia serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*)

Komponen	Kadar (%)
CaCO ₃	98,7
Na	0,9
P	0,02
Mg	0,05
Fe, Cu, Ni, B, Zn, dan Si	0,02

Sumber : Hafisko *dkk*, 2014



Gambar 2.1 Cangkang Kerang Darah (Hafisko, 2014)

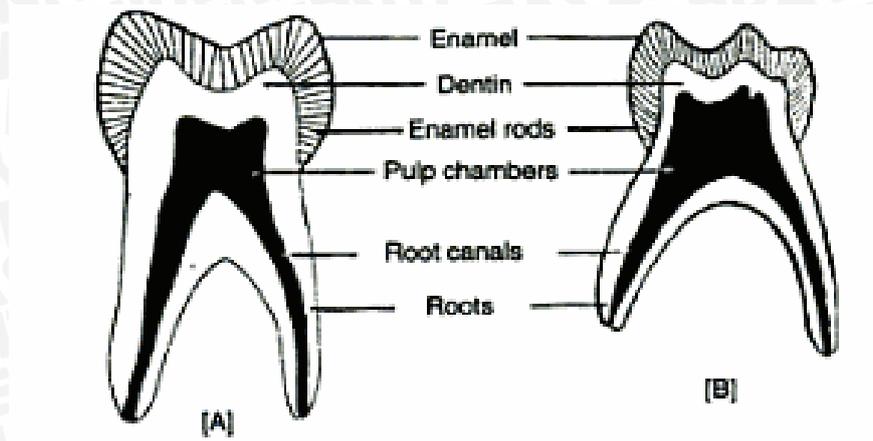
2.1.1. Proses pengambilan kalsium dari cangkang kerang darah (Kalsinasi)

Kalsinasi berasal dari bahasa latin yaitu *calcinare* yang artinya membakar kapur. Proses kalsinasi yang paling umum adalah diaplikasikan untuk dekomposisi kalsium karbonat (batu kapur (CaCO_3)) menjadi kalsium oksida (kapur bakar (CaO)) dan gas karbon dioksida atau CO_2 . Produk dari kalsinasi biasanya disebut sebagai “kalsin” yaitu mineral yang telah mengalami proses pemanasan. Normalnya proses kalsinasi dilakukan dibawah temperatur leleh (*melting point*) dari bahan produk. Untuk batu kapur, proses kalsinasi umumnya dilakukan pada temperatur antara 900-1000°C (Arita dkk, 2014).

2.2. Struktur Gigi

Gigi merupakan bagian dari tubuh manusia yang keras seperti tulang. Pada umumnya gigi manusia dibagi menjadi 2 fase yaitu fase gigi sulung dan fase gigi permanen. Menurut Chandra dkk (2007) perbedaan antara gigi sulung dan gigi permanen adalah:

1. Ukuran gigi sulung lebih kecil dibandingkan gigi permanen
2. Warna gigi sulung lebih putih dari gigi permanen. Warna ini tergantung pada tingkat mineralisasi.
3. Mahkota dari gigi sulung anterior lebih lebar dalam jurusan mesio-distal dibanding pada mahkota gigi permanen.
4. Kedalaman enamel lebih konstan dan lebih tipis dibandingkan dengan gigi permanen.
5. Gigi sulung lebih mudah mengalami atrisi dari pada gigi permanen karena gigi sulung mengandung lebih sedikit mineral.



Gambar 2.2 (A). Gigi Permanen (B) Gigi Sulung

(Chandra *et al.*, 2007)

Gigi tersusun atas beberapa bagian yaitu enamel, dentin, pulpa, dan sementum. Enamel adalah jaringan paling keras dari tubuh manusia hal ini dikarenakan enamel terdiri dari bahan-bahan inorganik : komposisi enamel pada gigi permanen kurang lebih 95 % enamel terdiri atas kalsium dan fosfat untuk membuat kristal hidroksiapatit yang kuat, sisanya 5% mengandung air dan bahan organik (Higham, 2014), sedangkan enamel pada gigi sulung bahan inorganik terdiri dari 86-95%, organik 1-2% dan air 4-12%. (Heasman, 2008)

Dentin gigi permanen terdiri atas 70% inorganik yaitu kalsium dan fosfat yang membentuk kristal hidroksiapatit namun kristal yang terbentuk 30 kali lebih kecil dari enamel hal ini yang menyebabkan stuktur dentin lebih lunak dari pada enamel, 30% lainnya terdiri dari bahan-bahan organik. (Higham, 2014). Sedangkan dentin pada gigi sulung terdiri dari 45-50% bahan inorganik, 30% bahan organik dan 25% air (Heasman, 2008). Sementum adalah lapisan tulang yang membungkus akar gigi. Sementum terdiri dari 45-50% material inorganik terutama hidroksiapatit, 50% kolagen dan non kolagen (Nanci, 2008).

2.3. Enamel Gigi Sulung

2.3.1. Definisi

Menurut F.J Harty dan R Ogston, enamel merupakan bagian paling luar mahkota gigi anatomik yang keras, yang merupakan jaringan yang sangat terkalsifikasi, umumnya prismatic dan berasal dari lapisan ektoderm (Harty and Ogston, 2012)

2.3.2. Komposisi kimia gigi sulung

Komponen anorganik gigi sulung terdiri dari 96% hidroksiapatit. Sisa protein pada masa perkembangan dan air juga terdapat pada enamel. Komponen organik 0,6% dan air 3,5% (Sabel, 2012). Kalsium dan fosfat merupakan komponen-komponen anorganik yang penting, yang tersusun dalam hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$). Reaksi kimia pembentukan kristal hidroksiapatit adalah $10(\text{Ca}^{2+}) + 6(\text{H}_2\text{PO}_4)^- + 14(\text{OH})^- \rightarrow \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (Higham, 2014).

2.3.3. Struktur enamel gigi sulung

Enamel memiliki jaringan interseluler dan memiliki ketebalan 0,5-1 mm, pada zona permukaan luar email gigi tampak *prismless tissue* dan lapisan aprismatic. Lapisan aprismatic lebih terlihat pada gigi sulung karena lebar zona lebih besar dibandingkan gigi permanen. 60% gigi sulung memiliki permukaan zona aprismatic 16-45 μm sedangkan gigi permanen memiliki zona aprismatic $< 5\mu\text{m}$ (Sabel, 2012).

Enamel terbentuk dari sel epitelial yang disebut ameloblast. Sebelum gigi menembus gingiva ameloblast pecah sehingga menghilangkan kemampuan enamel untuk regenerasi. Hal ini berarti bahwa ketika terjadi kerusakan pada

enamel, enamel tidak mampu untuk menggantikan bagian-bagiannya yang rusak. Berdasarkan stukturanya enamel terdiri atas prisma dan enamel rod. Pada bagian prisma terdapat *prism sheat* yang didalamnya terdapat kristal hidroksiapatit, berbentuk hexagonal dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (Higham, 2014).

2.4. Karies

Karies gigi atau gigi berlubang adalah suatu penyakit pada jaringan keras gigi yang ditandai oleh rusaknya email dan dentin disebabkan oleh aktivitas metabolisme bakteri dalam plak yang menyebabkan terjadinya demineralisasi akibat interaksi antar produk-produk mikroorganisme, ludah dan bagian-bagian yang berasal dari makanan dan email, mekanisme terjadinya karies terdiri dari 3 teori, yaitu teori *protheolysis*, *proteolitic-chelation* dan *chemoparasitic* atau disebut juga dengan teori asidogenik. Teori asidogenik menjelaskan bahwa pembentukan karies gigi disebabkan oleh asam yang dihasilkan oleh aksi mikroorganisme terhadap karbohidrat. Reaksi ini ditandai dengan dekalsifikasi komponen *inorganic* dilanjutkan oleh disintegrasi substansi organik yang berasal dari gigi. (Ramayanti dkk, 2013)

2.4.1. Etiologi Karies

Faktor-faktor utama etiologi karies yang saling berkaitan tersebar di dalam biofilm (Banerjee *et al.*, 2014). Faktor-faktor tersebut adalah:

2.4.2.1. Bakteri

Dalam ekologi biofilm plak yang kompleks terdapat ratusan spesies yang bakteri, bergantung pada lamanya plak melekat

dipermukaan gigi. *Streptococcus mutans*, adalah spesies bakteri yang sejak dahulu dianggap sebagai penyebab utama karies. Bakteri ini kini dianggap tidak hanya berperan asosiatif saja dalam proses karies, melainkan sudah berperan sebagai *microbiological marker* bagi karies. Spesies *Lactobacillus* dan spesies *Bifidobacteria* telah terbukti berperan signifikan dalam proses karies dan interaksi antar spesies didalam biofilm akan memicu berkembangnya proses karies.

2.4.2.2. Permukaan gigi yang rentan.

Lesi karies terjadi dipermukaan gigi yang memiliki tumpukan plak yang melekat dalam waktu lama didalam:

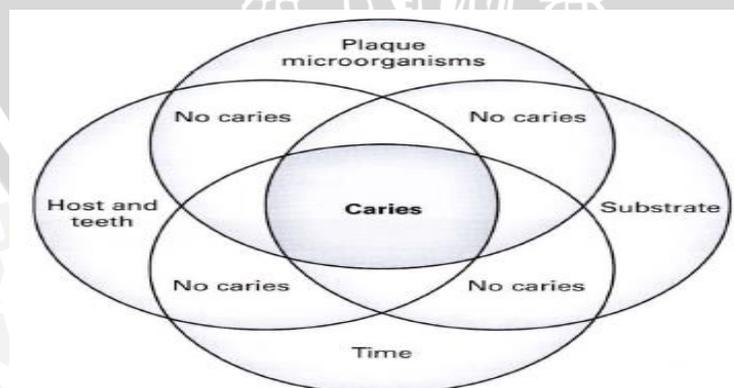
- Fisur dan pit dalam dipermukaan bukal/ oklusal gigi posterior yang tidak bisa disikat dengan bersih oleh pasien. Daerah ini di gigi molar yang baru erupsi sangat rentan terhadap serangan karies.
- Permukaan aproksimal (mesial dan distal) diarah servikal dari titik kontak gigi sebelahnya (kemungkinan pasien tidak membersihkannya dengan benang secara teratur atau bahkan tidak sama sekali). Permukaan gigi ini, terutama pada gigi yang berjejal dapat lebih rentan akibat tidak adanya akses untuk pembersihan gigi.
- Permukaan halus bersebelahan dengan margin gigitva (daerah yang sering terlewati ketika pasien menyikat gigi).
- Margin restorasi yang mengemper (overhang) atau tidak baik.

2.4.2.3. Karbohidrat yang dapat difermentasikan.

Bakteri plak mampu memetabolisme karbohidrat diet tertentu (termasuk sukrosa dan glukosa) yang kemudian akan menghasilkan berbagai asam organik seperti asam laktat, asam asetat, dan asam propionate, di permukaan gigi. Hal ini akan menyebabkan anjloknya pH dalam satu sampai tiga menit dan memicu terjadinya demineralisasi jika pH turun sampai dibawah 5,5 (pH kritis). Dengan bantuan kapasitas dapat saliva, pH dapat naik kembali dalam tempo 60 menit (pH 7.0). siklus demineralisasi/remineralisasi ini terjadi secara kontinu disetiap permukaan gigi, sepanjang waktu.

2.4.2.4. Waktu

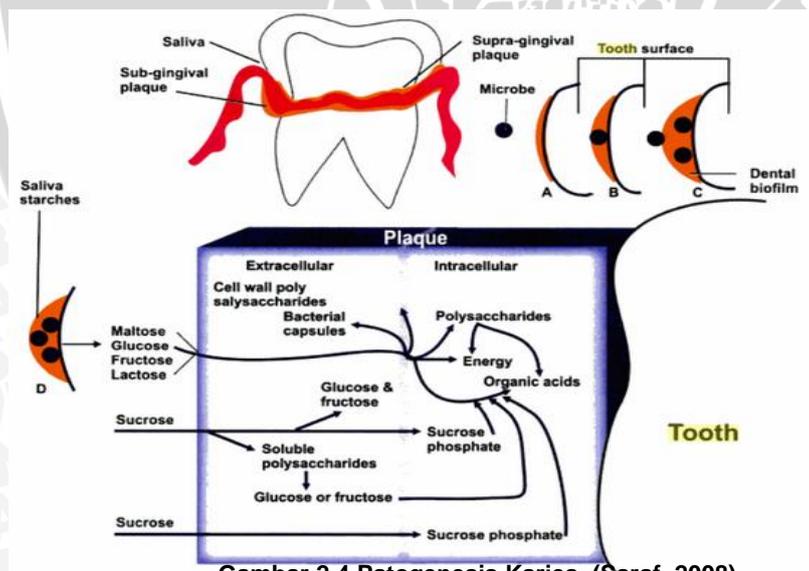
Karies dianggap sebagai penyakit kronis pada manusia yang berkembang dalam waktu beberapa bulan atau tahun. Walaupun penurunan pH dimulai dengan cepat, hilangnya mineral yang dapat merusak jaringan keras permukaan gigi oleh biofilm plak memerlukan waktu.



Gambar 2.3 Faktor penyebab karies gigi (Kidd *et al*, 2013)

2.5. Patogenesis karies

Suatu aktivitas metabolik didalam biofilm plak dipermukaan gigi. Pembentukan biofilm terjadi beberapa menit setelah permukaan gigi disikat dan mula-mula sebagai pelikel. Pelikel ini mengandung protein saliva dan glikoprotein. Kemudian bakteri dalam rongga mulut memasuki biofilm dan berikatan erat dengan dengan polisakarida ekstrasel bakteri dan protein saliva. Semakin lama terjadilah kombinasi antara densitas yang meningkat, dari biofilm yang sedang bertumbuh, populasi bakteri yang berubah, dan tekanan oksigen, membentuk lingkungan yang kariogenik dipermukaan gigi. Lesi karies terbentuk akibat konsekuensi langsung dari aktivitas metabolik didalam biofilm dipermukaan gigi yakni proses karies. Jika lingkungan memengaruhi keseimbangan kearah demineralisasi (plak, diet, dan waktu), perkembangan lesi akan berkembang kearah kavitas sehingga secara klinis lesi akan terdeteksi. (Banerjee *et al.*, 2014)

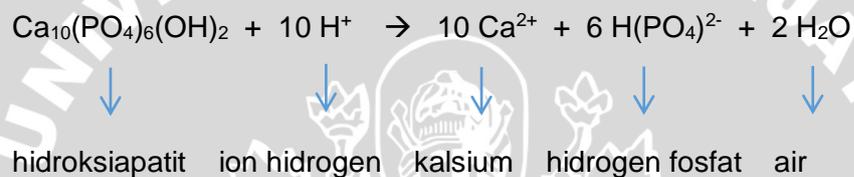


Gambar 2.4 Patogenesis Karies (Saraf, 2008)

2.6. Demineralisasi

Demineralisasi merupakan proses penguraian mineral gigi karena keadaan asam sebagai akibat proses metabolisme bakteri kariogenik. Pada keadaan

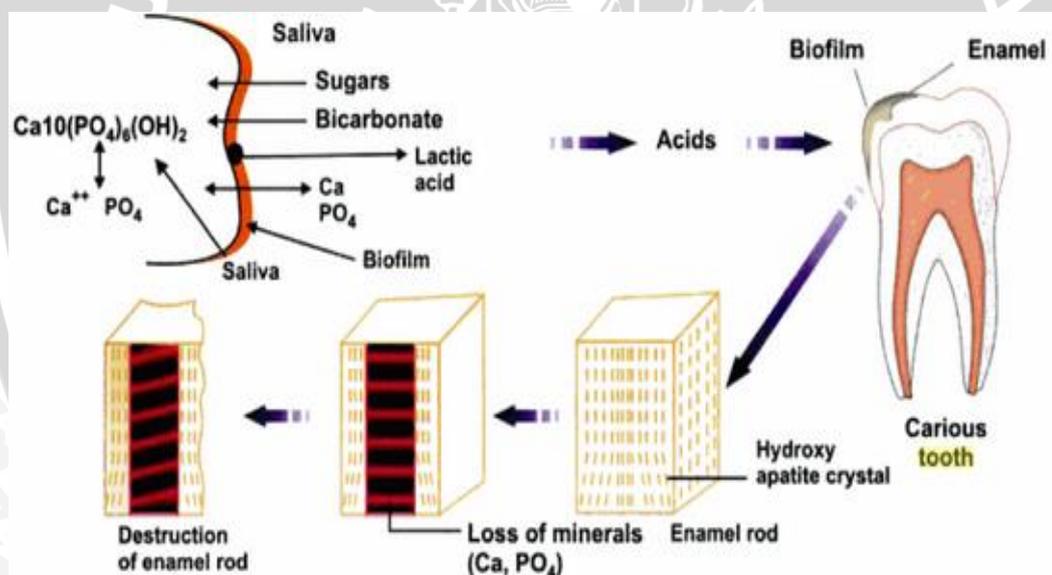
normal kadar hidroksiapatit (HA) akan seimbang dengan komponen ion saliva Ca^{2+} dan PO_4^{3-} . Demineralisasi terjadi pada pH dibawah 5,5 ketika ion H^+ (asam) bereaksi dengan grup fosfat yang berada pada permukaan kristal. Sehingga merubah PO_4^{3-} menjadi HPO_4^{2-} . HPO_4^{2-} ini bersifat lebih tidak seimbang dibandingkan PO_4^{3-} sehingga menyebabkan kristal HA menjadi rapuh dan larut (Dewanto, 2014). Sedikit kristal pada awalnya larut dan membuat daerah kecil pada permukaan enamel menjadi berpori (Wibowo *dkk*, 2014). Proses demineralisasi enamel dapat digambarkan sebagai berikut:



Demineralisasi dan remineralisasi dapat dinilai dari kekerasan enamel dan kekasaran permukaan enamel serta kandungan ion kalsium dan ion fosfat yang diserap enamel (Walupi *dkk*, 2014). Pengikisan enamel secara mikroskopis sering tidak diperhatikan namun pengikisan pada tahap ini dapat menyebabkan rasa nyeri akibat rangsangan suhu panas ataupun dingin (Setyaningsih, 2010). Jika proses demineralisasi terjadi secara terus menerus maka akan menyebabkan lesi karies dini pada gigi. Secara klinis proses demineralisasi awal pada enamel ditandai dengan munculnya bercak putih pada permukaan gigi yang lambat laun tertutup oleh plak (Wibowo *dkk*, 2014). Demineralisasi dapat terjadi pada gigi pasien setelah memutihkan gigi. Setelah melakukan pemutihan gigi, gigi pasien tersebut akan mengalami sensitif akibat terlepasnya ikatan kalsium Ca^{2+} dari senyawa fosfat hidroksiapatit akibatnya terjadi perubahan tekstur mikro enamel (Syafriadi, 2014). Selain itu demineralisasi juga dapat terjadi akibat makanan dan

minuman yang asam. Makanan dan minuman tersebut dapat menurunkan pH rongga mulut (Setyaningsih, 2010)

Perubahan morfologis pasca demineralisasi yang dilihat menggunakan *Scanning Electron Microscope* menunjukkan pembesaran jalur interkristalin. Arends *et al*,(2005) menyimpulkan bahwa kehilangan mineral setelah serangan inisial karies berasal dari area interprismatik dan sekeliling prisma. Perbesaran ruang seiring dengan penguraian mineral menghasilkan pembesaran jalur untuk difusi mineral keluar dari enamel dan penetrasi asam ke dalam *subsurface* (Arends *et al*, 2005 dalam Andini *dkk*, 2013).



Gambar 2.5 Proses Demineralisasi Enamel Gigi (Saraf, 2008)

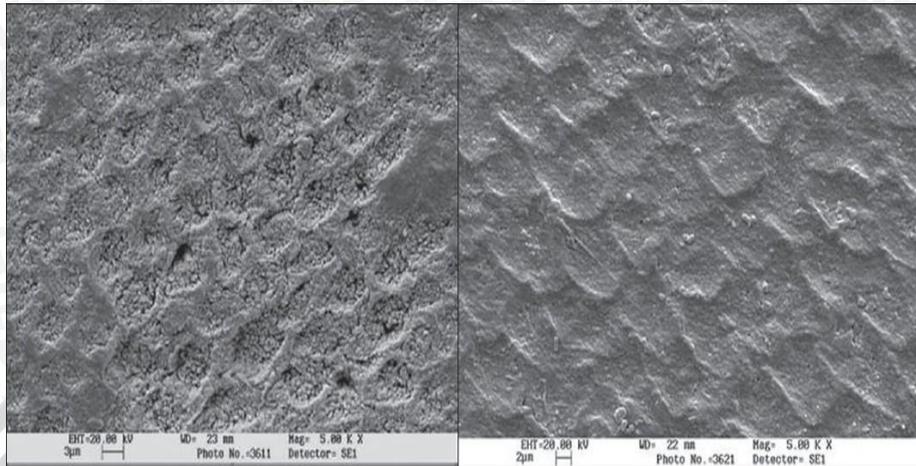
2.7. Remineralisasi

Remineralisasi dapat didefinisikan sebagai suatu penempatan mineral anorganik di daerah yang sebelumnya telah kehilangan mineral-mineral tersebut. (Kidd *et al*, 2013). Remineralisasi dapat terjadi saat pH dalam rongga mulut

menjadi netral dan terdapat ion Ca^{2+} dan PO_4^{3-} yang cukup pada lingkungan. Ion kalsium dan fosfat akan menghambat proses penguraian hidroksiapatit dan menyebabkan pembentukan kembali kristal hidroksiapatit (Widyaningtyas *dkk*, 2014).

Remineralisasi dapat dihasilkan oleh larutan yang mengandung ion fosfat dan kalsium. Larutan remineralisasi buatan yang ideal harus bersifat (1) hidrofilik, (2) memiliki viskositas yang rendah sehingga memungkinkan untuk berpenetrasi kedalam lesi *subsurface*, (3) anti bakteri, (4) suplemen saliva, (5) bereaksi cepat/*rapid-acting*. Elemen yang paling sering digunakan dalam formula remineralisasi antara lain kalsium, fosfat, dan fluorida (Andini *dkk*, 2013)

Penelitian tentang sistem remineralisasi enamel sudah banyak dilakukan, beberapa menggunakan larutan remineralisasi yang mengandung kalsium dan fosfat. Konsentrasi kalsium efektif yang dapat diserap enamel pada banyak penelitian adalah 1 mmol-5 mmol (Walupi, 2014). Pada tahap awal mineral dan fosfor akan terdeposit pada lapisan permukaan mikroporositas, kemudian mineral difusi masuk kedalam mikroporositas enamel. Mineral yang masuk dapat berdifusi ke segala arah diantara kristal enamel kemudian diserap oleh *hypomineralized* enamel, yaitu enamel yang sebelumnya mengalami demineralisasi (Widyaningtyas *dkk*, 2014).



Gambar 2.6 Remineralisasi Enamel Setelah Demineralisasi (Vashisht *et al.*, 2010)

Keterangan: a. Demineralisasi b. Remineralisasi

2.8. Hubungan Kalsium Terhadap Remineralisasi

Terlepasnya ion Ca^{2+} menyebabkan kristal enamel yang terdiri dari hidroksi apatit tidak lagi berbentuk heksagonal sehingga terjadi pelebaran celah antara kristal-kristal hidroksi apatit dimana celah antara kristal-kristal ini terisi dengan air dan komponen organik. Celah yang semakin lebar ini memungkinkan bakteri kariogenik *S. mutans* untuk beradhesi pada permukaan gigi yang kasar dan berpenetrasi ke dalam tubuli dentin. Untuk mempertahankan hidupnya, bakteri ini terus menerus melakukan metabolisme yang menghasilkan asam laktat yang makin menurunkan pH pada permukaan gigi, akibat penurunan pH ini akan makin mempercepat demineralisasi gigi (Syafriadi *dkk*, 2014)

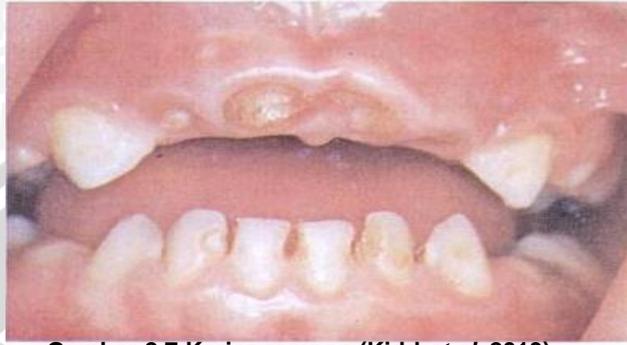
Penelitian yang dilakukan oleh Widyaningtyas *dkk* (2014) mengenai "Analisis Peningkatan Remineralisasi Enamel Gigi setelah Direndam dalam Susu Kedelai Murni (*Glycine max (L.) Merrill*) Menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM)" menunjukkan bahwa terjadi pengurangan kedalaman mikroporositas

enamel pada gigi yang direndam di dalam susu kedelai murni dibandingkan dengan gigi yang direndam di dalam saliva buatan selama 8 jam dalam jangka waktu 14 hari (Widyaningtyas *dkk*, 2014). Konsentrasi kalsium dan fosfat yang tinggi serta viskositas yang rendah pada susu kedelai akan mengakibatkan presipitasi cepat mineral kalsium dan fosfat pada Mikroporositas enamel (Godoy dan Hicks, 2008). Dengan adanya ion kalsium yang mencukupi, akan menyebabkan tersusunnya lapisan interprismatik enamel sehingga mikroporositas pada enamel akan lebih teratur. Didalam mikroporositas ion kalsium dan fosfor akan meningkatkan derajat saturasi hidroksiapatit. Derajat saturasi ini dipengaruhi oleh konsentrasi kalsium dan fosfor dalam lingkungan sekitar enamel. Semakin tinggi konsentrasi kalsium dilingkungan maka derajat saturasi akan meningkat. Konsentrsi kalsium dan fosfat yang tinggi akan mengakibatkan presipitasi cepat mineral kalsium dan fosfat pada mikroporositas enamel. Presipitasi mineral kalsium dan fosfat ini akan mengakibatkan penutupan mikroporositas enamel dan hal inilah yang disebut remineralisasi (Widyaningtyas *dkk*, 2014).

2.9. Gambaran klinis karies

Karies dapat digolongkan berdasarkan keparahan atau kecepatan perkembangannya. Karies gigi dapat dikatakan ringan apabila daerah yang terkena adalah daerah yang memang sangat rentan terhadap karies misalnya permukaan oklusal gigi molar permanen. Karies dikatakan sedikit parah jika karies meliputi permukaan oklusal dan proksimal gigi posterior, dan dikatakan parah apabila karies telah mencapai gigi anterior (Kidd *et al*, 2013)

Karies rampant adalah karies yang terjadi meliputi beberapa gigi dan terjadi sangat cepat. Keadaan ini dapat dijumpai pada gigi sulung bayi yang mengkonsumsi susu botol. (Kidd *et al*, 2013)



Gambar 2.7 Karies rampant (Kidd *et al*, 2013)

Karies terhenti adalah karies yang tidak berkembang, yang dapat dijumpai jika lingkungan mulut telah berubah dari yang sebelumnya memudahkan terjadinya karies ke keadaan yang cenderung menghambat karies (Kidd *et al*, 2013)



Gambar 2.8 Karies terhenti (Kidd *et al*, 2013)

2.10. Upaya pencegahan karies

Salah satu upaya pencegahan karies adalah melalui intervensi faktor gigi yakni dengan terapi penghambatan proses demineralisasi enamel dengan remineralisasi. Kandungan kalsium dan fosfat yang membentuk kristal

hidroksiapatit (HA) pada enamel menyebabkan enamel kuat dan kelarutannya rendah sehingga enamel lebih tahan terhadap karies (Widyaningtyas *dkk*, 2014).

Menurut Kidd *et al*, (2013) Upaya pencegahan karies antara lain :

1. Meningkatkan *intake* flour dalam air minum dan pasta gigi.

Flour bekerja dengan cara menghambat metabolisme bakteri plak yang dapat memfermentasi karbohidrat melalui perubahan hidroksiapatit pada email menjadi flour apatit. Reaksi kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 + \text{F}^- \rightarrow \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OHF})_2$. Menghasilkan enamel yang lebih tahan asam.

Efek flour pada saat periode pra erupsi yaitu pembentukan email dengan kristal-kristal yang lebih baik sehingga akan lebih resisten terhadap serangan asam. Sedangkan efek flour pada saat pasca erupsi yaitu membantu menghambat demineralisasi dan meningkatkan remineralisasi sehingga merangsang perbaikan karies awal.

2. Mengurangi konsumsi gula

Konsumsi makanan dan minuman yang mengandung gula di antara jam makan dan pada saat makan berhubungan dengan peningkatan karies yang besar. Faktor makanan yang dihubungkan dengan terjadinya karies adalah jumlah fermentasi, konsentrasi dan bentuk fisik (bentuk cair, tepung, padat) dari karbohidrat yang dikonsumsi, retensi di mulut, frekuensi makan dan snacks serta lamanya interval waktu makan.

3. Hilangkan plak bakteri

Secara teoritis permukaan gigi yang bebas plak tidak akan menjadi karies. Hal ini terjadi akibat plak mengandung bakteri-bakteri yang dapat memicu terjadinya karies.

2.11. Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope merupakan suatu mikroskop dalam proses menggambarkan suatu objek dengan bantuan sumber elektron yang ditembakkan dengan menyapu daerah seluruh permukaan sampel yang mempunyai konduktivitas tinggi sehingga membentuk gambar tiga dimensi yang berasal dari katoda filament yang memiliki resolusi tinggi. SEM mempunyai perbesaran lebih hingga jutaan kali dari pada mikroskop optik. Selain itu, merupakan alat multifungsi tidak hanya dapat menghasilkan data-data kualitatif tetapi juga data-data kuantitatif. *Scanning electron microscope* mempunyai fasilitas yang lengkap dengan pengontrolan secara komputerisasi, dengan menggunakan SEM spesimen yang akan dilihat dapat diperbesar hingga 200.000 kali. Hal ini memungkinkan hasil uji spesimen gigi menampilkan permukaan enamel secara mikroskopis. Gambaran SEM adalah berupa foto mikrograf yang menampilkan gambaran hitam putih, sehingga pada analisis data menggunakan SEM, digunakan analisis kualitatif (Andini *dkk*, 2013).

2.12. X-Ray Fluoresensi (XRF)

XRF merupakan alat yang digunakan untuk menganalisa komposisi unsur yang terkandung dalam suatu sampel dengan menggunakan metode spektrometri. XRF umumnya digunakan untuk menganalisa unsur dalam mineral atau batuan. Analisis unsur dilakukan baik secara kualitatif maupun kuantitatif yaitu menganalisis jenis unsur dan menentukan konsentrasi unsur dalam bahan. Kecepatan dalam penggunaan metode XRF dan dalam pengaplikasiannya tidak merusak sampel, metode ini dipilih untuk aplikasi di lapangan dan industri untuk

kontrol material. XRF dapat dihasilkan tidak hanya oleh sinar-X tetapi juga oleh sumber eksitasi primer yang lain seperti partikel alfa, proton atau sumber elektron dengan energi yang tinggi (Wahyuni *dkk*, 2015)

