

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Email

Email merupakan lapisan terluar yang melapisi mahkota gigi serta merupakan jaringan tubuh yang paling keras. Email berfungsi sebagai perlindungan pertama untuk bagian yang lebih dalam dari gigi yaitu dentin dan pulpa gigi. Email merupakan bagian yang menjadi awal terbentuknya lubang pada gigi, karena sifatnya yang mudah larut terhadap asam dan kelarutannya juga semakin meningkat seiring dengan semakin dalamnya lapisan email. Email dibentuk oleh sel-sel ameloblas yang berasal dari lapisan embrionik ectoderm. Ketebalan email tidak sama di setiap bagian, paling tebal terdapat pada daerah oklusal atau insisal dan semakin menipis mendekati pertautannya dengan sementum (Sumawinata, 2004).

Email mengandung lebih sedikit bahan organik dibandingkan jaringan lain dalam tubuh. Sebanyak 96% nya tersusun atas bahan inorganik, sedangkan 4% sisanya tersusun dari air dan materi organik fibrosa. Bahan inorganik tersebut meliputi Ca, P, CO₂, Na, Mg, Cl dan K dan dalam jumlah kecil berupa F, Fe, Zn, Sr, Cu, Mn dan Ag. Zat utama yang terdapat dalam email yaitu berupa hidroksiapatit Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂, karbonat (4%), sodium (0,6%), magnesium (1,2%), klorida (0,2%) dan fluoride (0,01%). (Fauziah dkk., 2008).

Sebagian besar mineral yang terkandung di dalam email adalah kalsium sebanyak 35,8% dan fosfor sebanyak 17,4%. Kalsium berkombinasi dengan fosfor sebagai mineral kedua terbanyak setelah kalsium untuk membentuk tulang dan gigi. Sebagian besar fosfor di dalam tubuh terdapat dalam bentuk ion fosfat (PO₄). Setelah selesainya kalsifikasi, kalsium dan fosfor tidak dapat ditarik dari

apatit gigi seperti yang terjadi pada tulang (Verisqa, 2008). Kalsium dan fosfat bergabung membentuk kristal hidroksi apatit (*Crystals of hydroxyapatite*), $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ juga ditemukan pada tulang, kartilago terkalsifikasi, dentin serta sementum (Afnida, 2008). Hidroksiapatit adalah unsur mineral yang paling banyak. Hidroksiapatit merupakan kerangka dimana pergantian ion dapat terjadi. Gigi selau terkena paparan oleh ion-ion sehingga pergantian ion pun sering terjadi, seperti pergantian ion Ca dengan OH^- , F^- , dan PO_4 (Susanto, 2010).

Fungsi utama kalsium adalah untuk memberikan rigiditas dan kekuatan kepada tulang dan gigi. Fosfor juga memiliki beberapa fungsi, namun terdapat dua fungsi utama yaitu sebagai mineral pembentukan tulang dan gigi serta produksi dan transfer dari high energy phosphates. Sebagai tambahan, fosfor mempunyai peran dalam absorpsi dan transportasi zat gizi, komponen metabolit esensial dan mengatur keseimbangan asam-basa (Verisqa, 2008).

Gigi sulung berbeda morfologinya dengan gigi permanen, baik ukuran maupun bentuknya. Mahkota gigi sulung lebih cembung dan pendek, serta jauh lebih kecil di bagian *cementoemail junction* (CEJ) dibandingkan gigi permanen. Tanduk pulpa bagian mesial mendekati oklusal, lebih tinggi dibanding gigi permanen. Perbedaan antara gigi sulung dan gigi permanen adalah (Chandra *et al.*, 2007)

1. Ukuran gigi sulung lebih kecil dari 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 mahkota gigi permanen.
4. Kedalaman email lebih konstan dan lebih tipis dibandingkan dengan gigi permanen.

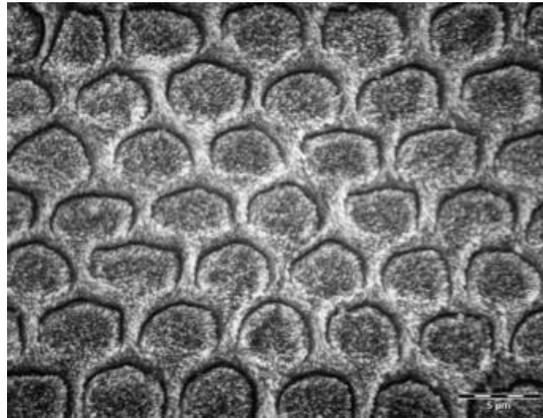
5. Gigi sulung lebih mudah mengalami atrisi dari pada gigi permanen karena gigi sulung mengandung lebih sedikit mineral.

Morfologi gigi insisivus atas sulung yaitu memiliki insisal edge yang hampir lurus dan membulat siku-siku pada tepi mesio-insisal. Singulum dan marginal ridge pada gigi ini batasnya tidak sejelas pada gigi insisivus permanen. Gigi insisivus pertama sulung rahang atas memiliki panjang korona 6 mm dengan diameter mesio distal korona 6,5 mm. Morfologi pada gigi insisivus pertama sulung rahang atas lebih kecil dibandingkan dengan insisivus gigi permanen dimana gigi permanen memiliki panjang cervico-insisal korona 10,5 mm dengan diameter mesio distal korona 8,5 mm (Itjingsingsih, 2012).

2.1.1 Struktur Email

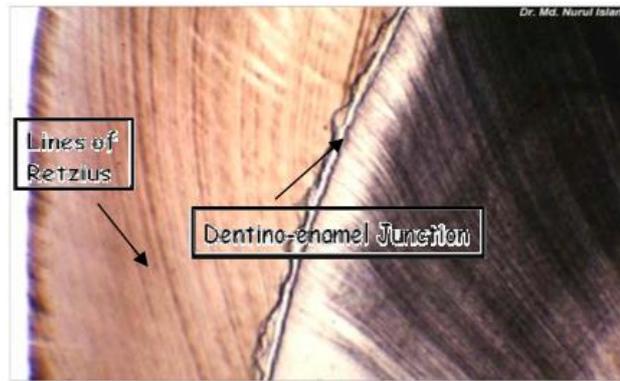
Email tersusun dari *enamel rod* (batang email), *Striae of Retzius* (garis Retzius) dan *Bands of Hunter-Schreger* (garis Hunter-Schreger). Batang email merupakan unit dasar email yang memiliki diameter 4-8 μ m dan merupakan massa kristal hidroksiapatit yang terkemas dengan rapat dalam pola yang terorganisir (Ross *et al.*, 2003). Struktur email tersusun atas jutaan batang email atau prisma email yang memanjang dari arah perbatasan email dan dentin ke permukaan email, serta satu dengan yang lainnya saling mengikat. Pada potongan melintang terlihat seperti '*keyhole*' yang terdiri dari kepala dan ekor. Arah prisma ke permukaan tidak lurus namun bergelombang dan pada bagian kepala prisma terdapat selubung prisma (*prisma sheath*) yang di dalamnya terdapat kristal hidroksiapatit. Di antara kristal tersebut terdapat celah yang terisi oleh matriks yang sulit diamati, karena terdiri dari zat berupa gel yang tidak berstruktur. Di antara kristal juga terdapat *cross striations* yang di bagian terluarnya terdapat *striae of retzius* (Sluder, 2001).

Arah kristal hidroksiapatit yang menyusun batang email akan mempengaruhi beberapa sifat email yaitu kekuatan, daya tahan terhadap asam, dan lain-lain (Avery, 2002). Kristal-kristal hidroksiapatit yang terkandung dalam batang email menyebabkan adanya perbedaan kelarutan email terhadap asam pada saat terjadinya proses demineralisasi. Hal ini akan mempengaruhi sifat email seperti kekuatan dan daya tahannya (Megantoro, 2008).



Gambar 2.1 Batang email dari permukaan email dengan etsa asam. Diambil dengan SEM (Afnida, 2008)

Striae of Retzius adalah garis pertumbuhan incremental atau bertambah. Secara longitudinal tampak sebagai pita-pita gelap yang merefleksikan bidang berbentuk email yang berturut-turut (Richard *et al.*, 2003). Secara melintang tampak seperti cincin konsentris. Struktur dari *striae of Retzius* ini terlihat jelas pada gigi permanen, namun tampak kurang jelas pada gigi susu setelah lahir dan jarang pada gigi susu sebelum lahir (Savitri, 2010). *Bands of Hunter-Schreger* (garis Hunter-Schreger) merupakan fenomena optis yang disebabkan oleh pergantian arah batang-batang email dan garis ini tampak sebagai garis terang gelap (Savitri, 2013).



Gambar 2.2 Line of Retzius dan Dentino Email Junction (Afnida, 2008)

2.1.2. Sifat Fisik Email

Berdasarkan Cuy *et al.* dan Braly *et al* dalam Afnida (2008), sifat fisik email berhubungan dengan susunan kimiawi email dan derajat mineralisasinya. Besarnya jumlah mineral yang terdapat dalam email akan mempengaruhi kekuatannya, membuat email bersifat sangat keras. Kekerasan email sangat tinggi, kekuatan Tarik rata-rata sebesar 100 kg/cm, dan tahanan kompresi mencapai 2110-3500 kg/cm. Semakin ke arah dentin, kekerasan email akan semakin berkurang. Selain itu, sifat fisik email juga dipengaruhi oleh struktur mikro dan orientasi batang email. Kekerasan dan modulus elastis lebih rendah pada indentasi uji kekerasan yang dibuat secara tegak lurus terhadap sumbu batang email. Kekerasan dan modulus elastis semakin meningkat dari DEJ ke arah permukaan gigi (Park *et al.*, 2008)

Faktor-faktor seperti pH, lingkungan cair dan temperature mempengaruhi sifat-sifat fisik email, misalnya modulus elastis, kekerasan dan kekasaran permukaan dari email (Machado *et al.*, 2008). Kekerasan email juga dipengaruhi oleh faktor usia, dimana email pada orang muda lebih lunak dari pada orang tua. Terdapat dua proses terkait usia yang mempengaruhi email, yaitu berkurangnya matriks berprotein di email karena maturasi dan konsumsi bahan-bahan yang menurunkan pH mulut. Proses yang kedua, pajanan terhadap ion-ion mineral serta fluoride yang terdapat dalam lingkungan mulut secara terus menerus

mengenai email dapat meningkatkan penggantian matriks oleh fluoroapatit, menyebabkan terjadinya peningkatan kepadatan jaringan serta penurunan permeabilitas email (Park *et al.*, 2008).

2.2 Demineralisasi

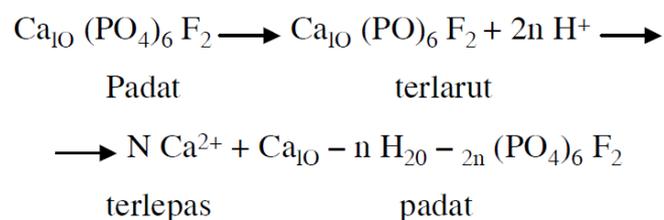
Demineralisasi dan remineralisasi adalah bagian terpenting yang mempengaruhi kekuatan dan kekerasan dari gigi dimana kesehatan dari gigi dipengaruhi oleh rasio demineralisasi dan remineralisasi (Susanto, 2010). Demineralisasi merupakan proses hilangnya ion mineral dari email gigi. Kandungan mineral utama dari email adalah *hydroxyapatite* (HA) yang terdiri atas $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Sejumlah ion mineral dapat hilang dari hidroksiapatit tanpa merusak integritas strukturalnya. Email yang mengalami demineralisasi lebih peka terhadap panas, dingin, tekanan serta rasa sakit dibandingkan email normal (Ora media, 2011).

Faktor penyebab terjadinya demineralisasi adalah makanan dan minuman yang asam. Suasana asam dapat menyebabkan larutnya email sehingga merusak mineral pendukung gigi. Karbohidrat (gula) juga dapat menyebabkan terjadinya demineralisasi karena bakteri (*Streptococcus mutans*) memfermentasikan gula menjadi asam laktat di dalam mulut (Mihaela *et al.*, 2001). Berdasarkan penyebabnya, demineralisasi dapat dibedakan menjadi dua. Pertama, demineralisasi yang melibatkan bakteri (terjadi pada proses karies gigi) dan yang kedua adalah demineralisasi yang diakibatkan bahan kimia asam (Batubara, 2011).

Nilai pH kritis dianggap sebagai nilai pH tertinggi dimana email gigi akan mengalami kehilangan mineral. Nilai pH tergantung dari aktivitas ion-ion Ca^{2+} dan PO_4^{3-} pada *hydration layer* sekitar kristal email dan hal ini biasanya seimbang dengan konsentrasi ion-ion yang sama pada cairan saliva dan plak. Hasil

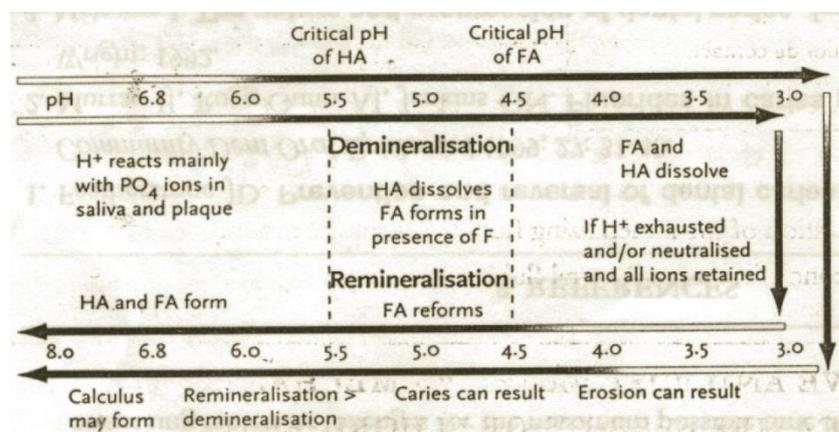
penelitian di laboratorium menyatakan bahwa pH kritis email gigi berada di antara 5,2 dan 5,5. Hal ini didasarkan pada rata-rata konsentrasi Ca^{2+} dan PO_4^{3-} pada cairan saliva dan plak (Hume, 2005). Penelitian yang lain mengatakan bahwa pH $\leq 5,5$ merupakan pH kritis untuk HA (hidroksiapatit), dimana dalam keadaan pH tersebut, hidroksiapatit akan reaktif terhadap ion hidrogen. H^+ akan bereaksi dengan kelompok fosfat dalam lingkungan saliva yang dekat dengan permukaan kristal secara cepat. Proses tersebut merupakan konversi PO_4^{3-} menjadi HPO_4^{2-} dengan tambahan H^+ dan pada waktu bersamaan H^+ disangga (mengalami buffering). Lalu HPO_4^{2-} tidak bisa berkontribusi terhadap keseimbangan HA normal sehingga mengakibatkan larutnya kristal HA. Hal ini disebut dengan demineralisasi (McIntyre, 2005).

Proses demineralisasi terjadi apabila email bereaksi dengan ion-ion asam (H^+) akan melarutkan hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) menguraikan ion kalsium (Ca^{2+}), air (H_2O) serta ion fosfat (PO_4^{3-}). Setelah konsentrasi senyawa kompleks tersebut cukup tinggi maka molekul-molekul tersebut akan lepas dan keluar dari susunan email (Dodds, 2012). Reaksi yang terjadi pada demineralisasi email adalah $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 + 8\text{H}^+ \rightarrow 10 \text{Ca}^{2+} + 6 \text{HPO}_4^- + 2 \text{H}_2\text{O}$ (Afnida, 2008). Reaksi kimia pelepasan ion kalsium dari email gigi dalam suasana asam ditunjukkan dengan persamaan reaksi sebagai berikut (Prasetyo, 2005).



Pada saat email berkontak dengan asam maka komponen ion hidrogen dari asam akan mulai melarutkan kristal email pada permukaan. Mula-mula daerah selubung prisma lalu inti prisma yang larut yang membentuk permukaan dikenal sebagai “sarang lebah”. Asam yang tidak terionisasi akan berdifusi ke dalam daerah interprismatik email dan selanjutnya akan melarutkan bagian bawah permukaan email. Jika demineralisasi terjadi secara terus-menerus maka akan terbentuk pori-pori kecil pada email yang disebut sebagai porositas yang dapat mengakibatkan menurunnya kekerasan email (Perwita, 2010)

Email yang mengalami demineralisasi akan lebih mudah pecah. Saat lesi sudah merambat ke permukaan dan dentin telah terkena maka lapisan dalam kavitas dapat dibagi menjadi 2 yaitu lapisan terinfeksi (infected layer) dan lapisan yang relative steril (affected layer). Lapisan terinfeksi terdapat pada permukaan paling luar kavitas dan pada lapisan ini sifat struktur gigi berubah (rusak) dan dipenuhi oleh jasad renik sehingga tidak akan terjadi remineralisasi lagi. Sedangkan lapisan yang relative steril terdapat terdapat pada bagian dalam kavitas yang mengalami demineralisasi pada tingkat tertentu tergantung pada kecepatan dan agresi penyakit tetapi pada lapisan ini masih terdapat kerangka kolagen asli yang mampu mengadakan remineralisasi (Pashley, 2008).



Gambar 2.3 Siklus Demineralisasi dan Remineralisasi (Afnida, 2008)

2.3 Reaksi Ion Asam dengan Apatit

Email apatit mengandung banyak ion karbonat dan magnesium yang kelarutannya tinggi meskipun berada di dalam kondisi asam yang rendah. Larutnya karbonat dan magnesium menyebabkan adanya perubahan pada ion hidroksil dan fluoride, mengarah pada email dan memiliki resistensi yang tinggi terhadap asam. Tingkat resistensi asam dapat diperhebat lagi dengan adanya *fluoride* (Hume, 2005).

Seiring dengan terjadinya penurunan pH, ion asam akan bereaksi dengan fosfat pada saliva, plak atau kalkulus, sampai pH kritis ($\text{pH} \pm 5,5$) untuk penguraian HA tercapai. Penurunan pH lebih lanjut akan menghasilkan interaksi progresif antara ion asam dengan kelompok fosfat dari HA yang mengakibatkan terjadinya pelarutan sebagian atau keseluruhan dari kristalit permukaan email. Pada proses ini, fluor yang disimpan akan dilepaskan dan bereaksi dengan produk penguraian ion Ca^{2+} dan HPO_4^{2-} , membentuk *Fluorapatite* (FA) atau *fluoride enriched apatite*. Jika pH mengalami penurunan hingga kurang dari 4,5 yang merupakan pH kritis untuk pelarutan FA, maka FA akan terurai, apabila ion asam dinetralsir, ion Ca^{2+} dan HPO_4^{2-} dikembalikan, maka proses pengembalian atau remineralisasi dapat terjadi (McIntyre, 2005).

pH berperan pada proses terjadinya demineralisasi karena pH yang rendah akan mengakibatkan meningkatnya konsentrasi ion hidrogen yang akan merusak hidroksiapatit pada email gigi. Sebagian besar email tersusun dari hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) atau fluoroapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$), apabila keduanya berada dalam suasana yang asam maka kedua unsur tersebut akan larut. Kecepatan melarutnya email dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu derajat keasaman (pH), konsentrasi asam, waktu melarut dan kehadiran ion sejenis kalsium dan fosfat. Pengaruh pH terhadap koefisien laju reaksi menunjukkan

bahwa semakin kecil atau semakin asam media, maka semakin tinggi laju reaksi pelepasan ion kalsium dari email gigi. Proses demineralisasi terjadi dalam beberapa tahap. Reaksi demineralisasi adalah sebagai berikut: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 + 8\text{H}^+ + 10\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow 6\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{Ca}^{2+}$. Tiap dua ion H^+ melepaskan suatu ion Ca^{2+} dari apatit email yang terlarut. Dengan ini maka terbentuk fosfat sekunder yang larut, apabila pembentukan asam terus terjadi, maka akan muncul reaksi yang berlanjut yaitu : $2\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{Ca}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$. Dengan terjadinya reaksi tersebut maka terbentuk fosfat primer yang menyebabkan lepasnya kalsium. Kandungan kalsium yang terdapat pada email adalah sebesar 37% dan fosfat sebesar 55,5% dari jumlah total kandungan anorganik email sebesar 90-92% (Endahyani, 2004).

2.4 Sari Buah Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*)

Buah jeruk nipis adalah salah satu sumber utama vitamin C. Masyarakat memenuhi kebutuhan vitamin C dengan berbagai cara, beberapa di antaranya adalah dengan cara mengonsumsi minuman yang mengandung vitamin C seperti buah dan minuman suplemen yaitu larutan yang mengandung vitamin C secara rutin. Seperti yang diketahui, minuman-minuman tersebut bersifat asam. Pada beberapa penelitian dilaporkan bahwa minuman jus buah mempunyai pH yang sangat rendah. pH jus jeruk nipis berkisar antara 2,17 dan 2,26 (Hediana dkk, 2015). Sitanggang (2005) dalam penelitiannya melaporkan bahwa *Citrus aurantifolia* memiliki derajat keasaman (pH) sebesar 1,7. Penelitian sebelumnya menyimpulkan bahwa mengonsumsi buah jeruk nipis sebanyak dua kali sehari dapat meningkatkan kecenderungan seseorang mengalami erosi gigi (Jarnvien, 2008).

Jeruk nipis merupakan buah-buahan yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. Jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) adalah sejenis tanaman perdu yang banyak tumbuh dan dikembangkan di Indonesia. Selain daerah

penyebarannya yang sangat luas, jeruk nipis ini juga dapat berbuah secara terus-menerus sepanjang tahun. Jeruk nipis sering diolah oleh masyarakat sebagai minuman segar, seperti jus jeruk nipis, air jeruk nipis hangat, dan minuman baru berbahan dasar jeruk nipis (Sitanggang dkk, 2015).

Untuk berkembang buah jeruk nipis memerlukan waktu 5-6 bulan sejak muncul bunga sampai buah siap dipanen. Setelah mencapai tahap masak penuh jeruk nipis akan jatuh ke tanah (Sarwono, 2001). Buah ini dapat dipanen walaupun warnanya masih hijau. Jeruk nipis dipanen saat permukaan kulitnya tidak rata, halus dan kulitnya hijau terang (Thompson, 2003)

2.4.1 Klasifikasi Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*)

Ferguson (2002) menyatakan bahwa secara taksonomi tanaman *Citrus aurantifolia* termasuk dalam klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Subdivisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledonae</i>
Ordo	: <i>Rutales</i>
Famili	: <i>Rutaceae</i>
Genus	: <i>Citrus</i>
Spesies	: <i>Citrus aurantifolia</i> (<i>Cristm.</i>) Swingle

2.4.2 Morfologi Jeruk Nipis

Jeruk nipis adalah salah satu jenis citrus yang memiliki tinggi sekitar 0,5-3,5 meter. Batang pohonnya berkayu ulet, berduri dan keras, sedangkan permukaan kulit luarnya berwarna tua dan kusam. Daunnya majemuk, berbentuk elips dengan pangkal membulat. Bunganya berukuran majemuk atau tunggal yang tumbuh di ketiak daun atau di ujung batang dengan diameter sebesar 1,5-2,5 cm. Buahnya berbentuk bulat sebesar bola pingpong dengan diameter 3,5-5

cm, kulit luarnya berwarna hijau atau kekuning-kuningan. Buah jeruk nipis yang sudah tua memiliki rasa asam (Dalimartha, 2008)

2.4.3 Kandungan dan Manfaat Jeruk Nipis

Buah jeruk nipis mengandung bahan kimia diantaranya adalah asam sitrat sebanyak 7-7,6%, lemak, mineral, vitamin B1, minyak terbang (minyak atsiri atau *essensial oil*). Minyak esensial sebesar 7% mengandung sitrat limonene, felandren, lemon kamfer, geranil asetat, cadinen, linalin asetat, flavonoid, seperti poncirin, hesperidine, rhoifolin, dan naringin. Selain itu, jeruk nipis juga mengandung vitamin C sebanyak 27 mg/100 g jeruk nipis, Ca sebanyak 40 mg/100 g jeruk nipis dan fosfat sebanyak 22 mg (Ambarwati, 2012)

Manfaat dari kandungan kimia dalam jeruk nipis tersebut sangat beragam, diantaranya vitamin C berfungsi untuk membantu penyembuhan dan perbaikan jaringan gingiva. Minyak atsiri berfungsi sebagai anti bakteri terhadap beberapa bakteri yaitu *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi*, dan golongan *Candida albicans* (Chanthapon *et al.*, 2008)



Gambar 2.4 Jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*)
(Ambarwati, 2012)

2.5 Sari Buah Lemon (*Citrus limon*)

Lemon (*Citrus limon*) merupakan tanaman asli Asia Tenggara (Manner *et al*, 2006). Lemon pertama kali tumbuh di India, Burma utara dan Cina. Christopher Colombus pada tahun 1493 membawa biji *Citrus limon* ke Hispaniola. Budidaya *Citrus limon* pertama kali dilakukan di Genoa pada pertengahan abad ke 15. Pada abad ke 18 dan abad 19, *Citrus limon* ditanam di Florida dan California. Bagian dari tanaman *Citrus limon* yang sering dimanfaatkan adalah kulit buah, bunga, daun dan air perasan (Sauls, 1998).

Jeruk lemon (*Citrus limon*) termasuk salah satu tumbuhan perdu yang banyak mempunyai dahan dan ranting dengan tinggi maksimal mencapai 10 hingga 15 kaki (3-6 m). *Citrus limon* memiliki batang yang berduri, daun hijau dan lonjong, bunga beberbentuk oval serta berwarna putih dengan garis-garis ungu di dalamnya. Buah *Citrus limon* berukuran 7-12 cm dan berbentuk bulat telur dengan ujung yang runcing pada salah satu ujungnya. Kulit buah ini berwarna kuning terang, kadang terdapat garis berwarna hijau atau putih dan mempunyai tebal sekitar 6-10mm. Daging buah *Citrus limon* berbulir, berwarna kuning pucat, terdapat sekitar 8-10 segmen, bersifat *juicy* dan mempunyai rasa asam (Kristanto, 2013). Warna kulit buah lemon yaitu hijau kekuningan dan setelah matang warnanya menjadi kekuning-kuningan (Rukmana, 2001).

Mengonsumsi buah lemon sebanyak dua kali sehari atau 12 ons minuman asam selama 4 kali seminggu akan meningkatkan kerentanan individu terhadap terjadinya erosi gigi. Penelitian di laboratorium menunjukkan bahwa keasaman jus lemon dengan pH di bawah 5,5 dapat menyebabkan erosi pada gigi. Pada studi *in vitro* yang dilakukan, ditemukan bahwa buah lemon akan menyebabkan kerusakan pada gigi karena memiliki pH antara 2,1-3,6 (Dewanto, 2014).

2.5.1 Klasifikasi *Citrus limon*

Klasifikasi botani tanaman *Citrus limon* menurut Manner *et al* (2006) adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Sub Kingdom : *Tracheobinata*
Super Divisi : *Spermatophyta*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Magnoliopsida-Dicotyledons*
Sub Kelas : *Rosidae*
Ordo : *Sapindales*
Famili : *Rutaceae*
Genus : *Citrus*
Spesies : *Citrus limon burm f*

2.5.2 Kandungan Kimia dan Manfaat

Citrus limon mengandung sejumlah asam sitrat (3,7%), minyak atsiri (2,5%) dan 70% limonene pene. *Citrus limon* juga mengandung potassium sebesar 145 mg per 100 g lemon, bioflavonoids dan vitamin C 40-50 mg per 100 g (Kristanto, 2013).

Stanway (2011) menyatakan bahwa senyawa kimia dalam buah *Citrus limon* terdiri dari:

a. Asam Sitrat

Rumus kimia asam sitrat adalah $C_6H_8O_7$. Asam sitrat termasuk salah satu asam organik dengan nama kimia *2-hydroxy-1,2,3-propanetricarboxylic acid* (Lewis, 2001). Kandungan asam sitrat lebih cepat mengerosi email gigi terutama pada pH rendah 1,5 dan 2,5. Asam ini dua kali lebih destruktif terhadap email gigi daripada asam klorida ataupun asam nitrat karena afinitasnya yang tinggi terhadap kalsium.

b. Asam Askorbat (Vitamin C)

Citrus limon kaya akan vitamin C. bentuk utama vitamin C adalah asam askorbat (*ascorbic acid*) dengan rumus $C_6H_8O_6$ (Molina et al, 2010). Kadar vitamin C yang dibutuhkan oleh tubuh hanya berkisar 90 mg (US) dan 75 mg (UK), sedangkan dalam satu buah *Citrus limon* mengandung vitamin C sebesar 60-100 mg. Jadi satu buah *Citrus limon* dapat melengkapi kebutuhan tubuh.

c. *Glucaric acid*

Glucaric acid dapat menurunkan kadar kolesterol dalam darah, mencegah kanker usus dan radang usus dengan mengeluarkan *butyric acid* dalam usus besar, mencegah kanker payudara, kanker prostat, kanker ovarium, mencegah pre menstruasi sindrom dengan mendorong *glucoronidation* dan mengurangi kadar polusi dalam tubuh.

d. Polifenol

Citrus limon mengandung polifenol sebagai antioksidan dan anti bakteri terhadap *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhi*, *Klebsiella pneumonia* dan *E. coli* (Kumar et al, 2011) dan memiliki efek anti fungi *Candida albicans* (Kirbaslar, 2009).

Grohmann (2001) menyatakan bahwa polifenol pada *Citrus limon* meliputi:

i. Flavonoid

Flavonoid pada *Citrus limon* menyebabkan warna kuning terang yang berguna untuk melindungi kekuatan vitamin C dengan meningkatkan absorpsi dan melindungi dari oksidasi, mengurangi kadar kolesterol hingga 40% dengan mengurangi produksi kolesterol pada liver, dapat mengurangi risiko penyakit jantung, mencegah kanker, menguatkan dinding pembuluh darah. Flavonoid yang *water-soluble* antara lain *citrin*

dan *bioflavonoid*. Kadar flavonoid paling tinggi terdapat pada kulit *Citrus limon*.

ii. *Coumarins*

Coumarins paling banyak terdapat pada kulit *Citrus limon* dan berminyak. Kadar *coumarins* pada kulit *Citrus limon* lebih tinggi daripada bulir *Citrus limon*. *Coumarins* bersifat sebagai antioksidan.

iii. *Limonene*

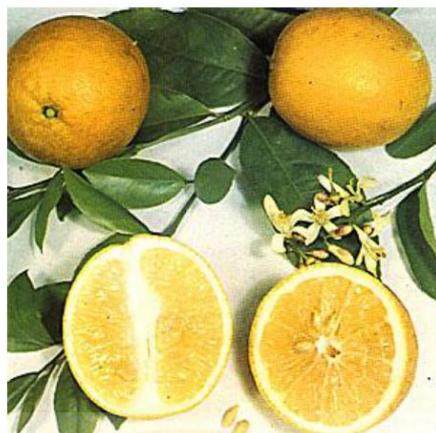
Limonene ditemukan pada seluruh bagian *Citrus limon*, namun paling banyak terdapat pada *pith* dan *pips*. *Limonene* menyebabkan rasa pahit pada *Citrus limon*.

iv. Tanin

Tanin dapat ditemukan pada kulit dan daun *Citrus limon*. Tanin berfungsi sebagai anti bakteri dan anti oksidan. Tanin menyebabkan rasa *Citrus limon* menjadi agak pahit dan asam.

v. Fenol

Fenol terdapat pada kulit, daun dan air perasan *Citrus limon*. Fenol berfungsi sebagai anti bakteri, anti fungi dan antioksidan. Fenol dapat mengurangi kolesterol dalam darah sehingga dapat mengurangi risiko penyakit jantung.



Gambar 2.5 *Citrus limon* (Kristanto, 2013)

2.6 Kekerasan Gigi

Kekerasan gigi pada umumnya didefinisikan sebagai ketahanan terhadap perpindahan partikel mineral yang terdapat dalam gigi (Newburn and Pigmant, 2000). Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan benda padat terhadap penetrasi, sedangkan dalam kedokteran gigi kekerasan permukaan umumnya diukur berdasarkan ketahanannya terhadap indentasi (Savitri, 2010)

Kekerasan gigi dapat mengalami perubahan secara dinamis, bisa disebabkan dari asam yang bukan dihasilkan dari fermentasi bakteri dan juga dari asam yang dihasilkan dari fermentasi karbohidrat dari sisa makanan oleh bakteri di dalam mulut. Menurunnya kekerasan gigi dapat terjadi secara merata di permukaan gigi. Hal ini disebabkan karena terjadinya kelarutan dari elemen anorganik gigi secara perlahan atau kronis. Pada uji kekerasan gigi, didapatkan email menjadi lunak dan dapat hilang oleh karena tersikat, sesudah kontak dengan asam (Prasetyo, 2005).

Kekerasan permukaan diukur berdasarkan ketahanannya terhadap indentasi. Pada dasarnya, uji kekerasan menggunakan ujung indenter kecil yang diaplikasikan ke permukaan yang akan diukur dengan beban tertentu. Hasil indentasi diukur dengan menggunakan mikroskop, apabila bahan tersebut semakin keras, maka semakin kecil indentasi yang dihasilkan. Persamaan berdasarkan definisi kekerasan adalah tekanan yang diaplikasikan pada area kontak terhadap alat (indenter) dan bahan material yang diuji. Hasil nilai kekerasan tercantum dalam suatu tekanan seperti Gpa (Giga Pascal) atau Mpa (Mega Pascal). Kekerasan permukaan merupakan hasil dari interaksi sejumlah sifat. Menurut Philips (2003), sifat-sifat material yang mempengaruhi kekerasan mempunyai kriteria antara lain: *strength*, *proportional limit*, *ductility* (kemudahan untuk dibentuk), *malleability* (kemudahan untuk ditempa) dan resistensi terhadap abrasi.

2.6.1 Kekerasan Email

Email merupakan bagian tubuh yang paling keras, lebih keras dibandingkan dengan tulang dan terdiri dari berbagai mineral dalam bentuk kristal (Kemp dan Walters, 2004). Email gigi adalah jaringan yang paling termineralisasi dari tubuh manusia. Material inorganik yang terkandung pada email sebagian besar terdiri dari kalsium fosfat yang berhubungan dengan *hexagonal hydroxyapatite* dengan formula $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}$. Analisis *X-ray Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) dari email dan dentin juga mengindikasikan keberadaan sejumlah kecil elemen lain seperti Na, Cl, dan Mg (Gutierrez *et al.*, 2008).

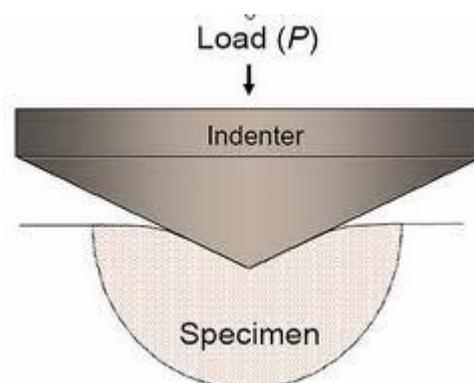
Ion-ion fluoride, fosfat dan kalsium yang terdapat di dalam lingkungan sekitar gigi mempunyai sifat-sifat potensial untuk terjadinya peningkatan kekerasan kembali, dimana penambahan konsentrasi ion-ion fosfat dan kalsium akan meningkatkan kapasitas pengerasan email kembali. Kalsium termasuk logam alkali tanah sehingga bersifat keras. Fungsi utama kalsium adalah untuk memberikan kekerasan dan kekuatan pada tulang dan gigi (Puri, 2012). Kekurangan kalsium akan menghambat proses kalsifikasi gigi dan memperlambat kematangan gigi. Kualitas gigi sangat dipengaruhi oleh kekerasan email. Bagian terbesar dari email adalah bahan anorganik yaitu sebesar 96%. Sekitar 37% dari bahan anorganik tersebut adalah kalsium (Meikawati *dkk.*, 2001).

Besarnya jumlah mineral pada email berpengaruh pada kekuatannya, membuat email bersifat keras. Kekerasan email sangat tinggi, kekuatan Tarik rata-rata 100 kg/cm, tahanan kompresi mencapai 2110-3500 kg/cm. Semakin ke arah dentin, kekerasan email semakin berkurang. Kekerasan email lebih rendah pada indentasi uji kekerasan yang dibuat tegak lurus terhadap sumbu batang

email. Kekerasan email semakin meningkat dari DEJ ke arah permukaan gigi (Park *et al.*, 2008).

Uji kekerasan sangat penting pada eksperimen demineralisasi dan remineralisasi. Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan benda padat terhadap penetrasi, sedangkan dalam kedokteran gigi kekerasan permukaan umumnya diukur berdasarkan ketahanannya terhadap indentasi (Philips *et al.*, 1994). Uji kekerasan menggunakan ujung indenter kecil yang diaplikasikan ke permukaan yang akan diukur dengan beban tertentu. Semakin keras bahan tersebut, semakin kecil indentasi yang dihasilkan (Savitri, 2010).

Terdapat tiga tipe indenter yang biasa digunakan untuk menguji kekerasan bahan dental, yaitu *brinell*, *vickers* dan *knop*. Uji *Brinell* berguna untuk menguji kekerasan bahan-bahan logam, menggunakan satuan *Brinell Hardness Number* (BHN). Uji *Knoop* menggunakan *diamond indenter*, lalu sumbu panjang indentasi diukur dan didapatkan *Knoop Hardness Number* (KHN). Perwita, (2010) menyatakan bahwa metode *Vickers* dilakukan dengan menggunakan indenter *pyramid* intan bersudut 136° terhadap permukaan yang diuji dan menggunakan satuan *Vickers Hardness Number* (VHN).



Gambar 2.6 Cara Kerja Alat Vickers (Fitriana, 2012)

2.6.2 Uji Kekerasan Vickers

Ardiana (2010) menyatakan bahwa untuk mengukur kekerasan suatu benda keras dengan ukuran mikron digunakan alat yang disebut *Microhardness-vickers*. Uji kekerasan Vickers adalah suatu uji kekerasan permukaan suatu material. Uji Vickers merupakan uji yang lebih mudah dari uji kekerasan lainnya. Uji kekerasan Vickers sangat berguna untuk mengukur suatu kekerasan material yang keras (Robert, 2002).

Vickers Test digunakan oleh ADA (American Dental Association) ditujukan pada logam emas tuang (dental casting gold) dan bahan-bahan yang mempunyai sifat mudah pecah sehingga dapat digunakan untuk mengukur kekerasan permukaan gigi. Micro Vickers Hardness Tester merupakan pengukuran kekerasan suatu material dengan nilai kekerasan yang kecil dan indentasi yang lebih kecil. Beban yang digunakan adalah antara 1-1.000 gram (Perwita, 2010)

Uji kekerasan Vickers juga dapat digunakan untuk menguji kekerasan dari material yang rapuh dan juga struktur gigi. Satuannya adalah *Vickers Hardness Number* (VHN). Metode Vickers menggunakan indenter berbentuk *Pyramid diamond* dengan sudut antara permukaan sebesar 136° akan menghasilkan jejas berbentuk belah ketupat. Uji kekerasan metode *Vickers* menggunakan beban yang kecil kedalaman kurang dari $19 \mu\text{m}$ sehingga dapat digunakan untuk mengukur kekerasan area yang kecil (Savitri, 2013). Prasetyo (2005) menambahkan bahwa nilai kekerasan dapat dinyatakan dengan HV yakni perbandingan antara beban tekan P (kg) dengan luas tapak tekan A (mm^2) dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 HV &= \frac{P}{A} && \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \\
 &= \frac{2P \sin \alpha / 2}{d^2} && \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \\
 &= \frac{2P \sin 136 / 2}{d^2} && \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \\
 \text{atau HV} &= \frac{1,8544P}{d^2} && \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

P = berat beban

α = sudut antara sisi-sisi piramida puncak 136°

d = panjang diagonal

A = luas tapak tekan

HV = kekerasan

Penggunaan Micro Vickers untuk mengukur kekerasan dilakukan dengan meletakkan bahan yang akan diuji pada meja Micro Vickers sampai indenter mengenai permukaan bahan yang akan diuji. Lalu, indenter akan menyentuh permukaan bahan yang diuji. Setelah itu, maka akan terlihat bekas penekanan berbentuk belah ketupat. Lalu panjang diagonalnya diukur pada mikroskop dengan micrometer yang ada pada lensa okuler (Perwita, 2010).

Pengukuran dilakukan dengan cara meletakkan spesimen tepat di bawah lensa objektif, lalu diatur dan difokuskan agar specimen terlihat pada lensa okuler dengan cara memutar tombol searah jarum jam. Setelah terlihat, geser specimen agar berada tepat di bawah diamond indenter. Alat diaktifkan dan indenter akan turun dan memberikan tekanan dan akan naik kembali meninggalkan indentasi pada permukaan sampel. Setelah pemberian tekanan selesai specimen digeser ke lensa objektif dan difokuskan kembali sehingga terlihat di lensa okuler. Di

lensa akan terlihat gambar belah ketupat pada permukaan specimen. Panjang diagonal kemudian diukur dan dimasukkan ke dalam rumus.



Gambar 2.7 Micro Vickers Hardness Tester
(Perwita, 2010)