

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA TEORI

### 2.1. KARIES GIGI

#### 2.1.1. Definisi

Karies gigi adalah kerusakan gigi yang progresif akibat karbohidrat melekat pada permukaan gigi dan menyebabkan aktifnya metabolisme bakteri kariogenik di dalam plak. Asam organik yang terbentuk dari fermentasi karbohidrat oleh bakteri tersebut akan menyebabkan hilangnya mineral gigi sehingga mengakibatkan demineralisasi, kavitasi, dan hancurnya jaringan keras gigi.<sup>7,16,17</sup>

#### 2.1.2. Etiologi

Ada berbagai macam faktor yang dapat menyebabkan timbulnya karies gigi. Hal ini sangat erat kaitannya dengan stabilitas dari lingkungan rongga mulut, artinya sangat bergantung pada pemeliharaan keseimbangan homeostatis di antara faktor-faktor yang dapat menyebabkan timbulnya karies gigi,<sup>4</sup> di antaranya:

a. Akumulasi dan retensi plak

Akumulasi dan retensi plak dapat meningkatkan kesempatan fermentasi karbohidrat oleh bakteri asidogenik yang terdapat di dalam *oral biofilm* sehingga menghasilkan asam organik pada permukaan gigi. Plak merupakan lapisan polisakarida yang melekat kuat terhadap permukaan gigi dan mengandung organisme patogen. Banyak bakteri di dalam rongga mulut yang mampu berkoloni pada permukaan gigi dan membentuk plak secara terus-menerus, dan bakteri *Streptococcus mutans* merupakan bakteri yang paling banyak dijumpai pada plak.<sup>4,7,18</sup>

Proses pembentukan plak diawali oleh deposisi pelikel pada permukaan gigi. Pelikel merupakan suatu lapisan glikoprotein yang berasal dari saliva, dan merupakan bagian dari lapisan biologis yang dapat melindungi permukaan gigi dari difusi ion asam ke gigi. Kemudian terjadi kolonisasi bakteri pada pelikel, terutama *S. mutans* dan *S. sanguis*, dalam kurun waktu 24 jam. Akibat adanya karbohidrat, terutama sukrosa, kolonisasi bakteri ini membentuk

polisakarida intraseluler dan ekstraseluler yang berperan dalam perlekatan, pembentukan, dan resistensi plak. Polisakarida ekstraseluler akan membentuk substansi yang lengket yang mengikat plak menjadi satu kesatuan dan menjaga perlekatannya ke permukaan gigi, sementara polisakarida intraseluler akan menyediakan nutrisi secara terus-menerus bagi bakteri di dalam plak, bahkan di saat tidak ada substrat yang terpajan ke dalam mulut. Selanjutnya, bakteri-bakteri lainnya secara progresif ikut berkoloni di dalam plak ini sehingga menambah ketebalan plak.<sup>7,19</sup>

Produksi asam yang terbentuk dari aktivitas plak dianggap berperan besar dalam mengawali serangan karies gigi. Bertahannya pH plak pada kondisi asam ini dapat berlangsung cukup lama karena dipengaruhi beberapa faktor, yaitu adanya produksi asam dari asam berkonsentrasi tinggi di antara plak sehingga menghambat efek dapar lokal untuk sementara waktu, sifat *diffusion-limited* yang dimiliki oleh plak (plak menghalangi difusi sistem dapar dari saliva) sehingga lepasnya asam ke dalam saliva bertahan cukup lama, adanya produksi asam yang terus berlanjut dari polisakarida intraseluler bakteri, serta adanya karbohidrat yang dapat difermentasi yang tertahan di dalam rongga mulut.<sup>7,8</sup>

b. Frekuensi konsumsi karbohidrat yang dapat difermentasi seperti gula.<sup>4</sup>

Karies gigi tidak akan berkembang jika tidak terdapat karbohidrat yang dapat difermentasi pada makanan yang dikonsumsi.<sup>5</sup> Karbohidrat yang dapat difermentasikan seperti sukrosa berperan penting dalam mendukung aktivitas plak sehingga menyebabkan turunnya pH dan merusak email.<sup>18</sup>

Gula dalam bentuk struktur kimia terdiri dari sukrosa, glukosa, fruktosa, maltosa, dan laktosa yang merupakan mikromolekul dengan berat molekul yang rendah, siap berdifusi melalui plak dengan cepat, mudah larut, dan siap difermentasi. Gula tersebut dengan karakteristiknya masing-masing dapat berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme.<sup>6</sup>

Dari percobaan yang dilakukan oleh Stephan, terungkap bahwa frekuensi konsumsi gula sangat bermakna dalam meningkatkan keaktifan karies gigi. Frekuensi konsumsi karbohidrat dianggap lebih berpengaruh dalam menimbulkan karies gigi dibandingkan dengan konsentrasi dan jumlah

totalnya.<sup>4,5</sup> Jika sukrosa ini dikonsumsi berulang kali dalam jangka waktu singkat, hal ini dapat mempertahankan suplai substrat bagi bakteri sehingga memungkinkan produksi asam oleh bakteri bertahan secara persisten pada tingkat destruktif.<sup>18</sup>

c. Frekuensi pemaparan gigi terhadap asam.<sup>4</sup>

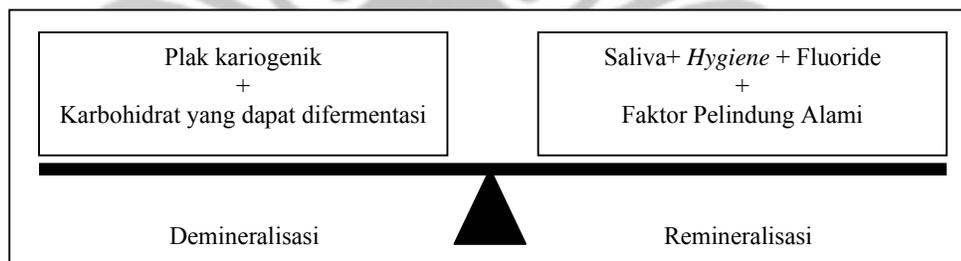
Pemaparan asam pada permukaan gigi dapat menyebabkan penurunan pH di dalam rongga mulut dengan cepat dan mempercepat proses demineralisasi. Sumber asam yang umum dikonsumsi oleh masyarakat di antaranya berasal dari minuman ringan dan jus buah.<sup>4</sup>

d. Faktor pelindung alami dari pelikel dan saliva yang dapat mencegah terjadinya karies gigi atau memperlambat perkembangannya.<sup>4</sup>

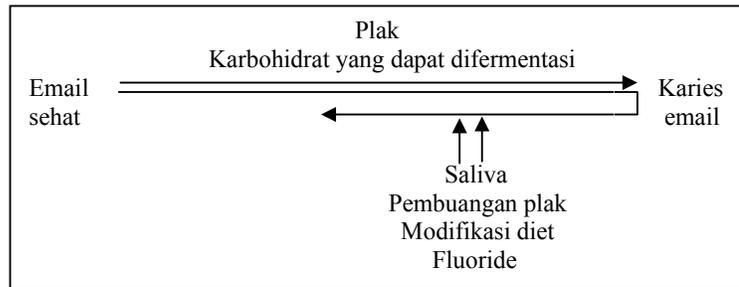
Pelikel merupakan suatu lapisan glikoprotein yang berasal dari saliva, dan merupakan bagian dari lapisan biologis yang dapat melindungi permukaan gigi dari difusi ion asam ke gigi.<sup>4</sup> Pelikel dapat menunda inisiasi proses karies gigi dan larutnya email ketika pH di dalam rongga mulut rendah.<sup>8</sup>

e. Fluoride dan elemen-elemen lainnya yang turut berkontribusi dalam mengontrol perkembangan karies gigi.<sup>4</sup>

Secara umum, interaksi di antara faktor-faktor tersebut di dalam rongga mulut dapat digambarkan sebagai berikut (**Gambar 2.1.** dan **Gambar 2.2**):



**Gambar 2.1.** Faktor-faktor etiologi karies gigi.<sup>4</sup>



**Gambar 2.2.** Interaksi faktor-faktor etiologi karies gigi.<sup>9</sup>

### 2.1.3. Patogenesis

Konsep proses terjadinya karies gigi telah mengalami perkembangan dalam beberapa dekade terakhir. Saat ini disadari bahwa dalam keadaan normal terjadi pertukaran ion-ion antara permukaan gigi dan lapisan biologis yang menutupinya (pelikel/plak/saliva) setiap setelah konsumsi makanan dan minuman. Demineralisasi apatit dapat dikembalikan dengan cepat melalui simpanan ion-ion kalsium dan fosfat yang ada dalam saliva. Meskipun demikian, proses demineralisasi ini dapat melebihi kemampuan remineralisasi tubuh sehingga menyebabkan hilangnya sejumlah mineral baik pada email maupun pada dentin dan akhirnya terjadilah karies gigi. Kegagalan dalam mencegah dan menggantikan mineral yang hilang akibat proses demineralisasi akan menyebabkan terbentuknya kavitas pada permukaan gigi.<sup>4</sup>

Pada hakikatnya, proses karies gigi berjalan lambat. Proses karies umumnya juga sudah terjadi lama sebelum tanda-tanda klinis terlihat. Oleh karena itu, karies gigi dapat disebut juga sebagai penyakit multifaktor yang kronis.<sup>17</sup>

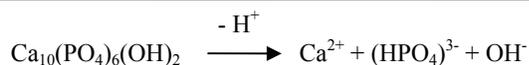
Bila proses demineralisasi telah terjadi, maka hasil selanjutnya akan ditentukan oleh kekuatan remineralisasi. Kemungkinan yang dapat terjadi bisa berupa terhentinya perkembangan karies gigi jika kemampuan remineralisasi cukup kuat untuk menanggulangi proses demineralisasi atau terbentuk karies gigi yang kronis jika proses demineralisasi berlangsung lambat sementara proses remineralisasi cukup aktif. Selain itu, kemungkinan lainnya bisa berupa terbentuknya karies rampant jika proses remineralisasi tidak cukup kuat untuk mengimbangi proses demineralisasi yang cepat atau berkembangnya erosi jika

proses demineralisasi yang tidak diimbangi dengan proses remineralisasi sedikit pun.<sup>4</sup>

#### *Demineralisasi*

Komponen mineral gigi tersusun atas hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ). Dalam keadaan lingkungan netral, mineral hidroksiapatit ini berada dalam kondisi seimbang dengan lingkungan lokal (saliva) yang bersupersaturasi dengan ion kalsium dan fosfat.<sup>4</sup>

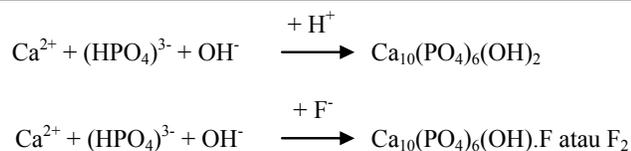
Hidroksiapatit bersifat reaktif terhadap ion hidrogen ketika lingkungan berada dalam kondisi pH di bawah 5,5 (pH kritis). Ketika hal ini terjadi, ion  $\text{PO}_4^{3-}$  akan berubah menjadi  $\text{HPO}_4^{2-}$  karena penambahan ion  $\text{H}^+$ . Akibatnya,  $\text{HPO}_4^{2-}$  yang terbentuk ini tidak mampu menjaga hidroksiapatit dalam kondisi seimbang sehingga akhirnya kristal hidroksiapatit larut (**Gambar 2.3**).<sup>4</sup>



**Gambar 2.3.** Reaksi kimia dari proses demineralisasi pada permukaan gigi.<sup>4</sup>

#### *Remineralisasi*

Proses demineralisasi yang disebutkan sebelumnya dapat dikembalikan jika pH dinetralisir sehingga terdapat cukup ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan fosfat ( $\text{HPO}_4^{3-}$ ) di lingkungan rongga mulut. Kondisi remineralisasi ini dapat dicapai baik melalui kemampuan dasar saliva maupun melalui ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{HPO}_4^{3-}$  yang tersimpan di dalam saliva. Adanya ion fluoride ( $\text{F}^-$ ) dapat memperkuat reaksi ini (**Gambar 2.4**).<sup>4</sup>



**Gambar 2.4.** Reaksi kimia dari proses remineralisasi pada permukaan gigi.<sup>4</sup>

Remineralisasi dapat menghambat proses larutnya kristal hidroksiapatit lebih lanjut dan membangun kembali bagian kristal apatit yang telah larut akibat proses demineralisasi sebelumnya. Frekuensi dan durasi dari remineralisasi akan bergantung pada kekuatan asam yang terpajan di dalam rongga mulut.<sup>4</sup>

## **2.2. SALIVA**

### **2.2.1. Definisi**

Saliva merupakan cairan yang disekresikan ke dalam rongga mulut oleh tiga pasang kelenjar liur mayor (parotis, submandibula, dan sublingual), kelenjar liur minor, serta cairan dari sulkus gingiva. Saliva memiliki aksi proteksi terhadap karies gigi dan karakteristik ini bergantung terutama pada aksi pembersihan mekanis dan netralisasi asam plak melalui sistem dapar.<sup>16,17,21,22, 23</sup>

Kondisi saliva di dalam rongga mulut bisa berada dalam keadaan tidak terstimulasi atau dalam keadaan terstimulasi. Saliva tidak terstimulasi adalah saliva yang disekresikan ke dalam rongga mulut tanpa adanya rangsang dari luar seperti rasa atau aktivitas mengunyah. Sedangkan saliva terstimulasi adalah saliva yang disekresikan sebagai respon terhadap rangsang dari luar.<sup>8</sup>

Jumlah total saliva yang disekresikan mencapai  $\pm$  500-1200 ml/hari. Setengah dari jumlah tersebut dihasilkan pada keadaan istirahat dan sisanya dihasilkan di bawah pengaruh rangsang.<sup>20,21</sup>

### **2.2.2. Komposisi**

Kandungan air di dalam saliva mencapai 99%, sementara sisanya berupa komponen yang tersusun atas bahan organik, bahan anorganik, dan molekul-molekul makro, termasuk bahan-bahan antimikroba. Komponen-komponen tersebut berfungsi untuk menjaga integritas jaringan di dalam rongga mulut.<sup>19,24</sup> Komposisi dari masing-masing komponen penyusun saliva berbeda-beda pada setiap individu, bergantung kepada jenis kelenjar yang menghasilkannya; macam, lama, dan jenis rangsang; kecepatan aliran saliva, makanan, ritme biologi, obat-obatan, dan beberapa penyakit tertentu yang dapat mempengaruhi saliva.<sup>17</sup>

Bahan organik yang menyusun saliva terdiri dari urea, glukosa bebas, asam amino bebas, asam lemak, dan laktat. Sementara itu bahan anorganik saliva

terdiri dari sejumlah besar kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), klorida ( $\text{Cl}^-$ ), bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), natrium ( $\text{Na}^+$ ), kalium ( $\text{K}^+$ ), amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), dan asam fosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$ ); serta sedikit magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sulfat, iodida, dan fluoride ( $\text{F}^-$ ). Sedangkan makromolekul penyusun saliva terdiri dari protein, gula glikoprotein, lemak (kolesterol, trigliserida, lesitin, dan fosfolipid), amilase, lisozim, peroksidase, dan imunoglobulin (IgA, IgG, dan IgM).<sup>8,22,23</sup>

### 2.2.3. Fungsi

Saliva di dalam rongga mulut berfungsi tidak hanya membantu dalam pengunyahan, tetapi juga memiliki aksi pelindung, yaitu menjaga kesehatan gigi dan mulut.<sup>8</sup> Saliva melindungi jaringan di dalam rongga mulut melalui pembersihan mekanis, melapisi setiap jaringan di dalam rongga mulut, pengaruh dapar, dan aktivitas antibakteri (**Tabel 2.1**).<sup>8,23,24,25</sup>

**Tabel 2.1.** Fungsi saliva.<sup>8,17,21</sup>

No.	Fungsi	Komponen Aktif	Keterangan
1.	Cairan lubrikasi	Glikoprotein dan air	a. Saliva menyelubungi mukosa dan membantu melindunginya dari iritasi mekanis, suhu, dan kimia. b. Saliva dapat membantu dalam pengunyahan dan pengucapan.
2.	Penyimpan ion		Saliva merupakan larutan berisi ion-ion yang dapat memfasilitasi remineralisasi gigi.
3.	Kemampuan dapar	Fosfat dan bikarbonat	Saliva dapat membantu menetralkan pH plak setelah makan sehingga mengurangi waktu terjadinya demineralisasi gigi.
4.	Pembersih ( <i>cleansing</i> )		Saliva berfungsi membersihkan makanan di dalam rongga mulut sehingga dapat mengurangi akumulasi plak serta membantu dalam penelanan.
5.	Aksi antimikroba	Imunoglobulin A dan lisozim	Saliva memiliki mekanisme antimikroba spesifik (misalnya: sIgA) dan nonspesifik (misalnya: lisozim, laktoferin, dll) yang dapat membantu mengontrol mikroflora oral.
6.	Aglutinasi		Saliva dapat mengagregasi dan mempercepat pembersihan sel-sel bakteri di dalam rongga mulut.
7.	Pembentuk pelikel	Glikoprotein	Protein saliva dapat membentuk penahan difusi protektif pada gigi.
8.	Pencernaan ( <i>digestion</i> )	Amilase	Melalui enzim amilase yang terkandung di dalam saliva, sisa-sisa makanan berkarbohidrat ( <i>starchy food debris</i> ) pada gigi dapat dihancurkan.
9.	Rasa	Air dan gustin	Saliva bertindak sebagai pelarut yang memungkinkan interaksi bahan makanan dengan <i>taste buds</i> pada lidah untuk memfasilitasi rasa.

**Tabel 2.1.** (Sambungan)

10. Keseimbangan air

Pada saat dehidrasi, aliran saliva akan berkurang sehingga menyebabkan keadaan rongga mulut menjadi kering. Pada kondisi ini, informasi dari osmoreseptor akan diterjemahkan menjadi penurunan produksi urin dan cairan sehingga menyebabkan keinginan untuk minum bertambah.

#### 2.2.4. Viskositas Saliva

Viskositas saliva dipengaruhi oleh musin karena adanya glikoprotein bermolekul tinggi di dalamnya. Musin ini berasal dari sel-sel asinar kelenjar saliva dan tidak dijumpai di dalam sel-sel asinar serus dan sel-sel asinar duktus. Selain mempengaruhi viskositas saliva, musin juga berfungsi dalam mempermudah penelanan dan angkutan makanan, membasahi permukaan gigi dan mukosa sehingga terhindar dari kekeringan, mempermudah artikulasi, serta melindungi mukosa terhadap infeksi bakteri dengan pembentukan lapisan lendir yang sukar ditembus dan dirusak oleh bakteri-bakteri.<sup>21,26</sup>

Dalam keadaan istirahat, viskositas saliva sebaiknya dalam keadaan kental dan dapat mengalir agar dapat bertahan cukup lama di dalam rongga mulut. Sedangkan dalam keadaan berfungsi, viskositas saliva sebaiknya dalam keadaan encer dan dapat mengalir agar dapat memberikan lubrikasi yang baik di dalam rongga mulut.<sup>22</sup>

#### 2.2.5. Kecepatan Aliran Saliva

Kecepatan aliran saliva menunjukkan variasi diurnal dengan kecepatan tertinggi terjadi pada saat siang hari dan kecepatan terendah pada saat tidur. Pada saat tidur, kelenjar saliva mayor sebenarnya tidak mengeluarkan saliva. Untuk menjaga lubrikasi mukosa di dalam rongga mulut pada malam hari, tubuh hanya memanfaatkan saliva yang dikeluarkan oleh kelenjar saliva minor.<sup>8,17,21</sup>

Dalam keadaan normal, kecepatan aliran saliva berada dalam rentang 0,3-0,4 ml/menit ketika saliva tidak terstimulasi. Beberapa faktor yang berperan dalam mempengaruhi kecepatan aliran saliva saat tidak terstimulasi adalah derajat hidrasi, posisi tubuh, pemaparan terhadap cahaya, stimulasi sebelumnya, ritme biologis, dan obat-obatan.<sup>8,17,21,23</sup>

Sementara itu, kecepatan aliran saliva ketika terstimulasi akan meningkat, yaitu berada dalam rentang 1,5-2 ml/menit. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kecepatan aliran saliva saat terstimulasi adalah asal stimulus, pengunyahan, muntah, merokok, ukuran kelenjar saliva, indera penciuman dan pengecap, asupan makanan, faktor emosi-psikis, dan usia.<sup>8,17,21,23</sup>

Kecepatan aliran saliva dapat mempengaruhi aksi proteksi saliva. Stimulasi kelenjar saliva melalui pengunyahan dapat meningkatkan kecepatan aliran saliva sehingga mendukung pembersihan makanan dari mulut. Semakin cepat aliran saliva, semakin cepat karbohidrat dapat dibersihkan dari dalam rongga mulut serta semakin efektif saliva dalam mengurangi demineralisasi dan meningkatkan remineralisasi gigi. Selain itu, konsentrasi berbagai komponen dalam saliva juga dapat dipengaruhi oleh kecepatan aliran saliva. Konsentrasi amilase, natrium, klorida, dan bikarbonat berbanding lurus dengan kecepatan aliran saliva, sedangkan konsentrasi kalium, fosfor, dan sekret IgA berbanding terbalik dengan kecepatan aliran saliva.<sup>8,21,23</sup>

Dengan demikian, jika kecepatan aliran saliva rendah, kemampuan saliva dalam membersihkan rongga mulut terhadap substrat makanan kariogenik akan menurun. Selain itu, jumlah dapar di dalam saliva juga akan menurun sehingga kemampuan saliva dalam menetralkan asam organik yang terbentuk dari fermentasi gula juga akan berkurang.<sup>6,17,21</sup>

#### **2.2.6. Kapasitas Dapar dan pH Saliva**

Kapasitas dapar dan pH saliva dapat dipengaruhi oleh susunan kuantitatif dan kualitatif elektrolit dalam saliva itu sendiri. Perbandingan antara asam dan konjugasi biasanya, terutama konsentrasi bikarbonat saliva, akan menentukan nilai pH dan kapasitas dapar saliva.<sup>22</sup>

Dalam kondisi normal, pH saliva tidak terstimulasi memiliki nilai rata-rata 6,7 dalam rentang berada di antara 6,4 sampai dengan 6,9. Konsentrasi bikarbonat pada saliva yang tidak terstimulasi tidak begitu besar, paling tinggi hanya mencapai 50% dari kapasitas dapar total; sedangkan konsentrasi bikarbonat pada saliva terstimulasi cukup besar, mencapai 85% dari keseluruhan kapasitas dapar saliva.<sup>21,22</sup>

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai pH saliva antara lain:

a. *Diet* (makanan)

Adanya material eksogen berupa karbohidrat yang dapat difermentasi dengan cepat seperti gula dapat menurunkan kapasitas dapar saliva sehingga metabolisme bakteri dalam menghasilkan asam akan meningkat. Sedangkan makanan yang kaya akan protein memiliki efek yang dapat meningkatkan kapasitas dapar saliva melalui pengeluaran zat-zat basa seperti amonia.<sup>8,21,22</sup>

b. Penurunan kapasitas dapar saliva

Penurunan kapasitas dapar dapat terjadi pada orang tua, penderita penyakit sistemik, dan pengguna obat-obatan tertentu. Selain itu, kapasitas dapar dan sekresi saliva pada wanita biasanya lebih rendah dibandingkan pada pria.<sup>8,21,22</sup>

c. Ritme biologis (irama siang-malam)

Kapasitas dapar dan pH saliva yang tidak terstimulasi memiliki nilai terendah pada saat tidur dan nilai tertinggi saat segera setelah bangun, kemudian nilai ini bervariasi setelahnya. Sedangkan pada kapasitas dapar dan pH saliva yang terstimulasi, ¼ jam setelah stimulasi keduanya memiliki nilai paling tinggi, dan dalam kurun waktu 30-60 menit kemudian akan kembali turun.<sup>8,21,22</sup>

Kapasitas dapar saliva berperan dalam menetralisasi asam plak. Besarnya kapasitas dapar dalam saliva tergantung oleh beberapa faktor, yaitu:

a. Bikarbonat

Bikarbonat merupakan ion dapar terpenting di dalam saliva dan ion ini akan menentukan sebagian besar kapasitas dapar dan derajat asam saliva. Pada saliva terstimulasi, ion ini menghasilkan 85% dari keseluruhan kapasitas dapar saliva.<sup>8,21</sup>

b. Kalsium dan fosfat

Ion kalsium dan fosfat menjaga saturasi saliva terhadap mineral gigi. Oleh karena itu, ion-ion ini penting dalam melindungi gigi terhadap perkembangan karies. Sistem fosfat menghasilkan 15% dari keseluruhan kapasitas dapar saliva. Namun sistem fosfat ini tidak berperan besar terhadap kapasitas dapar pada keadaan saliva terstimulasi karena konsentrasi fosfat

menurun pada kecepatan aliran saliva yang tinggi. Sistem fosfat memberikan kapasitas dapar paling signifikan pada saat saliva tidak terstimulasi dan di awal pemaparan asam.<sup>4,21</sup>

c. Protein

Konsentrasi protein di dalam saliva hanya 1/30 dari plasma sehingga terlalu sedikit asam amino yang dapat memberi efek dapar yang signifikan pada pH normal di rongga mulut. Kandungan protein di dalam saliva hanya merupakan tambahan sekunder pada kapasitas dapar saliva melalui efek alkali dan penghancuran enzimatik terhadap bakteri di dalam rongga mulut.<sup>19,21</sup>

d. Urea

Kandungan urea di dalam saliva dapat digunakan oleh mikroorganisme di dalam rongga mulut untuk menghasilkan amonia. Produksi amonia ini dapat menetralkan hasil akhir metabolisme bakteri sehingga pH dapat meningkat.<sup>21,22</sup>

## 2.2.7. Peran Saliva dalam Keseimbangan Mineral-Karies Gigi

### 2.2.7.1. Saliva-Pelikel-Plak

Saliva tidak pernah berkontak langsung dengan gigi-geligi. Setiap area dimana plak dibuang melalui pembersihan, lapisan tipis awal saliva (pelikel) akan menutupi email. Lapisan protein dan lemak saliva ini akan terbentuk segera setelah permukaan gigi dibersihkan.<sup>8</sup>

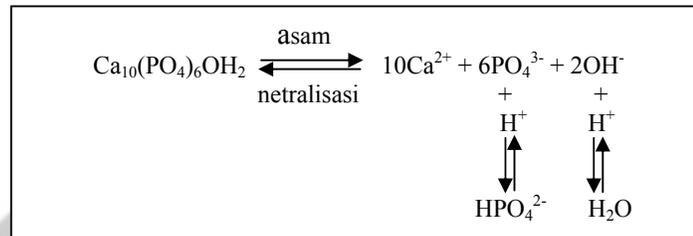
Telah diketahui sebelumnya bahwa pelikel berikatan sangat kuat terhadap email. Pelikel ini akan melindungi email dari gangguan mekanis dan kimia, misalnya oleh asam yang terdapat di rongga mulut.<sup>8</sup>

### 2.2.7.2. Komposisi Email (Keseimbangan Demineralisasi-Remineralisasi)

Mineral email tersusun atas kalsium fosfat hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$ ) dan termasuk mineral yang sulit larut. Kelarutan mineral apatit ini sangat bergantung pada pH lingkungan, termasuk pH saliva.<sup>8</sup>

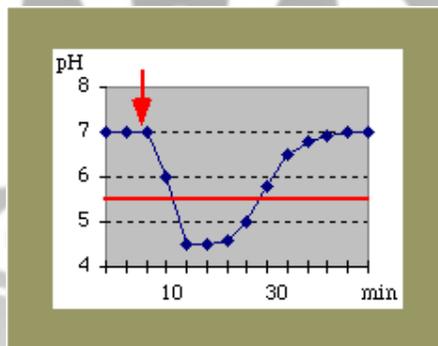
Saliva akan mengontrol keseimbangan masuk dan hilangnya mineral di dalam lingkungan rongga mulut. Melalui kandungan material organik (protein dan lemak), saliva membentuk pelikel yang merupakan penahan difusi terhadap asam yang terbentuk dalam plak gigi dan secara umum mengatur proses larutnya email

akibat karies. Sementara komponen anorganiknya, terutama ion kalsium dan fosfat, berperan besar dalam mendukung proses remineralisasi gigi. pH yang dihasilkan oleh saliva nantinya akan berpengaruh terhadap larutnya mineral hidroksiapatit (**Gambar 2.5**).<sup>8,21</sup>



**Gambar 2.5.** Proses keseimbangan mineral pada gigi.<sup>8</sup>

### 2.2.8.3. Saliva dan Kurva Stephan



**Gambar 2.6.** Kurva Stephan: pH plak setelah kumur glukosa.<sup>25</sup>

Pada pH fisiologis, saliva dan plak bersupersaturasi dengan baik pada hidroksiapatit email. Namun, setelah mengonsumsi makanan mengandung karbohidrat yang dapat difermentasi, asam akan terbentuk dalam plak sehingga menyebabkan penurunan pH yang digambarkan dalam kurva Stephan (**Gambar 2.6**). Ketika pH mengalami penurunan, konsentrasi ion yang dibutuhkan untuk saturasi meningkat, dan dalam rentang pH sekitar 5,6 jaringan akan mulai larut untuk menjaga saturasi ini.<sup>8</sup>

Meskipun demikian, konsumsi makanan ini juga ternyata dapat meningkatkan aliran saliva sehingga terjadi peningkatan kekuatan dapar saliva serta kemampuan pembersihan terhadap gula dan asam yang tersisa dari plak di dalam rongga mulut. Kedua hal ini akan mempengaruhi peningkatan pH saliva dari kurva Stephan. Selama fase peningkatan pH saliva ke nilai normalnya ini, plak secara bertahap akan tersupersaturasi dengan hidroksiapatit dan mineral yang sebelumnya hilang dengan cepat akan tergantikan kembali dengan cepat pula.<sup>8</sup>

Jenis gula seperti sukrosa dan glukosa bukan hanya memiliki kariogenitas yang tinggi, tetapi juga sangat efektif dalam menimbulkan karies gigi. Segera setelah dikonsumsi, sukrosa akan dengan cepat berdifusi ke dalam plak untuk dimetabolisme oleh bakteri di dalamnya sehingga menghasilkan asam organik. Produksi ini menyebabkan turunnya pH dengan cepat (2-5 menit) hingga mencapai nilai di bawah 5 atau 4,5. Suasana asam ini akan bertahan cukup lama (16-21 menit) di dalam rongga mulut, sebelum akhirnya pH meningkat secara perlahan kembali ke nilai normalnya (pH 6-7) dalam kurun waktu 1 jam. Pernyataan ini didasarkan atas percobaan yang dilakukan oleh Stephan pada tahun 1994. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa lamanya waktu yang dihabiskan untuk tetap bertahan pada pH di bawah 5,5 akan mendukung terjadinya demineralisasi email.<sup>6,7</sup>

## 2.3. MADU

### 2.3.1. Definisi

Madu merupakan cairan alami yang mempunyai rasa manis yang dihasilkan oleh lebah madu dari sari bunga tanaman (*flora nectar*) atau bagian lain dari tanaman (*extra flora nectar*) atau ekskresi serangga (**Gambar 2.7**).<sup>28</sup>



**Gambar 2.7.** Madu.<sup>27</sup>

### 2.3.2. Komposisi

Komposisi madu cukup bervariasi, tergantung kepada sumber atau jenis nektar dan lingkungan alam sekitarnya. Secara garis besar, madu tersusun atas komponen organik seperti karbohidrat, asam organik, protein, asam amino, enzim, vitamin, dan hidroksimetilfurfural (HMF); serta komponen anorganik seperti mineral dan air. Komponen-komponen yang terkandung beserta proporsinya dalam madu inilah yang akan menentukan karakteristik madu itu sendiri seperti warna, aroma, kekentalan, suhu, dan kadar air yang terkandung di dalamnya.<sup>10,11,12,13</sup>

Kandungan karbohidrat di dalam madu terdiri atas fruktosa (39-41%), glukosa (31-35%), dan sukrosa (maksimal 5%). Fruktosa merupakan jenis gula yang paling manis di antara semua jenis gula lainnya dan menempati persentase terbesar di dalam madu. Oleh karena itu, rasa manis pada madu sebagian besar disebabkan oleh jenis gula fruktosa ini. Selanjutnya, sukrosa juga merupakan jenis karbohidrat lain yang menyusun madu, tetapi persentasenya relatif kecil. Jadi, apabila ditemukan madu dengan konsentrasi sukrosa yang tinggi (di atas 5%), maka perlu dicurigai bahwa madu tersebut telah mengalami pencampuran dengan gula.<sup>10,11,12,13</sup>

Madu juga memiliki sifat asam. Sifat asam pada madu ini dihasilkan oleh kandungan asam organik seperti laktat, tartarat, oksalat, asetat, butirrat, formiat, maleat, glikolat, pirupat,  $\alpha$  ketoglutarat, fenil asetat, benzoat, propionat, glukono lakton, dan glukonat. Sifat asam ini pada akhirnya akan mempengaruhi rasa, aroma, dan perkembangan mikroorganisme. Umumnya, madu memiliki pH berkisar antara 3,2 hingga 4,5. Oleh karena itu, madu dapat terhindar dari serangan mikroorganisme.<sup>11,12,13</sup>

### 2.3.3. Syarat Mutu Madu

Pada umumnya, konsentrasi dari komposisi madu yang dihasilkan oleh tiap daerah di Indonesia berbeda-beda. Hal ini disebabkan adanya perbedaan kondisi lingkungan, jenis pakan dan kemampuan teknologi yang digunakan oleh industri penghasil madu. Oleh karena itu dibuat nilai standar yang harus dipenuhi bagi

madu yang akan dijual di pasaran. Di Indonesia, syarat mutu madu ini diatur dalam SNI 01-3545-2004 (**Tabel 2.2**).<sup>25</sup>

Namun, walaupun standar mutu madu sudah diatur, konsumen umumnya masih belum mengetahui benar tentang kualitas mutu madu yang baik. Apalagi berbagai kemasan madu yang ada di pasaran jarang mencantumkan kandungan apa saja yang terdapat pada madu dalam botol itu. Seandainya dicantumkan pada kemasan, tetap saja sulit untuk mengetahui benar tidaknya kandungan sebelas unsurnya sebagai parameter yang ditentukan dalam SNI 01-3545-2004.<sup>10</sup>

**Tabel 2.2.** Standar Nasional Indonesia terhadap madu.<sup>25</sup>

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Aktivitas enzim diastase, min.	DN	3
2.	Hidroksimetilfurfural (HMF), maks.	mg/kg	50
3.	Air, maks.	% b/b	23
4.	Gula pereduksi (dihitung sebagai glukosa), min.	% b/b	65
	Sukrosa, maks.	% b/b	5
5.	Keasaman, maks.	ml NaOH 1N/kg	50
6.	Padatan yang tidak larut dalam air, maks.	% b/b	0,5
7.	Abu, maks.	% b/b	0,5
8.	Cemaran logam:		
	Timbal (Pb), maks.	mg/kg	1,0
	Tembaga, maks.	mg/kg	5,0
9.	Cemaran arsen (As), maks.	mg/kg	0,5

#### 2.3.4. Manfaat

Dalam artikel “Madu Makanan Istimewa untuk Kebugaran Tubuh” yang dikeluarkan oleh Departemen Kesehatan dinyatakan bahwa madu ternyata tidak hanya nikmat untuk diminum, tetapi juga sangat bermanfaat untuk kesehatan tubuh. Sebagian besar masyarakat Indonesia yakin bahwa madu merupakan cairan yang enak dan manis. Kita juga beranggapan, madu kental itu sebagai “makanan istimewa” untuk kebugaran tubuh.<sup>10</sup>



**Gambar 2.8.** Kemasan madu di dalam botol.<sup>13</sup>

Madu termasuk sebagai salah satu bahan baku atau tambahan dalam makanan dan minuman dalam kaleng, sirup, dan sebagainya (**Gambar 2.8.**). Dalam pemakaian sehari-hari, selain diminum langsung, madu biasanya dipakai dalam industri susu bubuk, pabrik jamu, dan industri bahan makanan seperti campuran roti, kue, dan lainnya. Madu juga sering digunakan sebagai pemanis pengganti gula di dalam minuman teh, kopi, atau sari buah (**Gambar 2.9.**).<sup>10</sup>



**Gambar 2.9.** Pemanfaatan madu sebagai bahan campuran dalam makanan.<sup>27</sup>

Selain sebagai bahan makanan, terdapat beberapa laporan yang menyatakan manfaat madu di dalam kesehatan gigi dan mulut. Salah satunya diungkapkan oleh Prof. dr. Sa'id Hamad yang menyatakan bahwa madu memiliki manfaat yang cukup banyak bagi kesehatan tubuh, termasuk kesehatan gigi dan mulut. Menurutnya, beberapa penelitian ilmiah menunjukkan bahwa madu memiliki kandungan antimikroba yang efektif baik terhadap bakteri gram negatif maupun gram positif.<sup>11</sup> Dr. Peter C. Molan lebih lanjut menyatakan bahwa zat antimikroba dalam madu, yaitu hidrogen peroksida, dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*, mengurangi jumlah produk asam yang dihasilkan oleh plak, serta mencegah pembentukan dekstran salah satu komponen di dalam plak yang dihasilkan oleh bakteri agar bisa melekat ke permukaan gigi.<sup>12,29</sup> Ia juga menyatakan bahwa aktivitas antimikroba yang dimiliki oleh madu dapat

digunakan dalam membantu perawatan terhadap gingivitis dan penyakit periodontal.<sup>29</sup> Selain itu, madu juga dilaporkan mengandung zat antifungal yang efektif terhadap beberapa jenis jamur penyebab penyakit pada manusia, termasuk jamur *Candida* yang merupakan salah satu jenis jamur yang sering menyebabkan penyakit di dalam rongga mulut.<sup>11</sup>

Masih terdapat perdebatan apakah madu berbahaya bagi kesehatan gigi atau tidak. Kandungan gula yang dapat difermentasi di dalam madu cukup tinggi sehingga membuatnya seringkali dikatakan sebagai kariogenik. Mengenai hal ini, Dr. Peter C. Molan menyatakan bahwa kandungan antimikroba di setiap jenis madu berbeda-beda. Walaupun mungkin madu bersifat kariogenik, tetapi jika madu yang digunakan memiliki aktivitas antimikroba yang tinggi, maka besarnya potensi madu terhadap kerusakan gigi dapat dikurangi dengan menghambat aktivitas bakteri kariogenik. Meskipun demikian, ia juga mengatakan bahwa hal ini masih harus dibuktikan lebih lanjut melalui penelitian eksperimental di dalam rongga mulut.<sup>12</sup>

Selebihnya, masih banyak laporan penelitian tentang madu yang menunjukkan hasil positif untuk pengobatan, baik bagi kesehatan gigi dan mulut maupun bagi kesehatan umum. Sayangnya, kenyataan itu sulit diterima organisasi kesehatan dan perguruan tinggi kedokteran di beberapa negara dengan alasan masih kurangnya bukti ilmiah.<sup>10</sup>

#### 2.4. GULA

Banyak orang yang mendefinisikan "gula" sebagai produk gula pasir atau gula putih yang merupakan sukrosa alami yang berasal dari gula tebu (**Gambar 2.10.**). Padahal sebenarnya gula merupakan nama jamak yang digunakan untuk mendefinisikan semua jenis gula yang tergabung dalam kelompok karbohidrat.<sup>9</sup>



**Gambar 2.10.** Gula sukrosa<sup>30</sup>

Pada dasarnya, karbohidrat diklasifikasikan 3 kelompok utama, yaitu monosakarida, disakarida, dan polisakarida. Yang termasuk dalam kelompok monosakarida adalah glukosa, galaktosa, dan fruktosa, sedangkan yang termasuk dalam kelompok disakarida adalah sukrosa, laktosa, dan maltosa. Monosakarida dan disakarida merupakan kelompok karbohidrat sederhana yang memiliki berat molekul rendah, berupa mikromolekul, mudah larut, cepat difermentasi, dan cepat berdifusi ke dalam plak sehingga mudah digunakan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme di dalamnya. Sedangkan polisakarida merupakan kelompok karbohidrat yang kompleks yang memiliki berat molekul rendah, berupa makromolekul, relatif sukar larut, tidak cepat difermentasi, dan lambat berdifusi ke dalam plak sehingga polisakarida bukan merupakan sumber energi yang segera tersedia untuk digunakan oleh mikroorganisme di dalam plak.<sup>6,9,31</sup>

Suatu makanan dikategorikan sebagai makanan kariogenik jika ketika berkontak dengan bakteri plak, pH plak jatuh hingga mencapai nilai di bawah 5,5 (pH demineralisasi gigi). Setiap karakteristik, komposisi, tekstur, kelarutan, potensi untuk bertahan di dalam rongga mulut, dan kemampuan dalam menstimulasi aliran saliva pada suatu makanan juga harus dipertimbangkan untuk menentukan potensi kariogenik relatif makanan. Umumnya, makanan nonkariogenik memiliki karakteristik tidak menyebabkan nilai pH saliva di bawah 6; relatif memiliki kandungan protein yang tinggi; memiliki kandungan lemak sedang untuk memfasilitasi pembersihan (*oral clearance*); mengandung konsentrasi karbohidrat yang minimal; memiliki aksi dapar yang kuat; kaya akan mineral, termasuk ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{PO}_4^{2-}$ ; serta cukup kuat untuk menstimulasi aliran saliva (misalnya keju).<sup>6,19,32</sup>

Semua kelompok monosakarida dan disakarida dapat digunakan sebagai sumber energi siap pakai bagi bakteri di dalam plak sehingga dikatakan kariogenik. Secara umum, gula berkontribusi dalam proses karies gigi melalui beberapa cara, yaitu: (1) bakteri di dalam plak memetabolisme gula melalui glikolisis sehingga menghasilkan asam organik, (2) beberapa mikroorganisme di dalam plak memiliki kemampuan dalam membentuk polisakarida intraseluler yang bisa digunakan sebagai energi yang dibutuhkan ketika substrat makanan dari luar tidak ada, (3) bakteri di dalam plak juga membentuk polisakarida

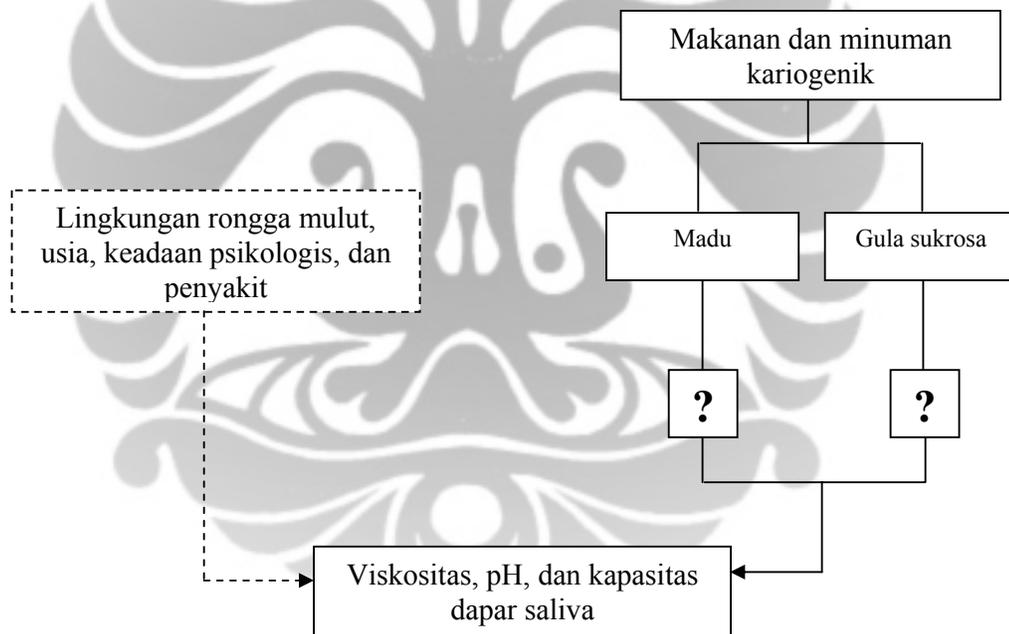
ekstraseluler yang berperan dalam meningkatkan perlekatan bakteri ke permukaan gigi dan perlekatannya dengan bakteri lainnya.<sup>5,31</sup>

Meskipun demikian, sukrosa dianggap sebagai jenis gula yang paling kariogenik dibandingkan dengan jenis gula lainnya. Hal ini dikarenakan sukrosa sangat mudah digunakan oleh bakteri *Streptococcus mutans* di dalam plak untuk diubah menjadi polisakarida ekstraseluler. Oleh karena itu, plak yang mengandung mikroorganisme ini akan dengan cepat mensintesis polisakarida ekstraseluler segera setelah konsumsi makanan apa pun yang mengandung sukrosa, membuat plak menjadi lebih tebal dan melekat lebih kuat. Sukrosa juga merupakan jenis gula yang dapat disimpan oleh bakteri kariogenik dalam bentuk glikogen polisakarida, glukukan, dan fruktan, sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi bagi bakteri kariogenik secara terus-menerus, walaupun substrat dari luar tidak tersedia. Selain itu, kemudahan dalam memperoleh sukrosa maupun produk mengandung sukrosa di masyarakat serta pola konsumsi masyarakat yang menggunakan sukrosa sebagai jenis gula utama juga membuat kemungkinan pemaparan sukrosa di dalam rongga mulut semakin besar. Dengan demikian, risiko terjadinya karies gigi akibat sukrosa juga akan semakin meningkat.<sup>5,6,9,31</sup>

Makanan yang tinggi akan kandungan sukrosa dapat meningkatkan aktivitas karies gigi karena sukrosa menyediakan media bagi kolonisasi bakteri *Streptococcus mutans* di permukaan gigi. Di dalam rongga mulut, sukrosa akan berdifusi dengan cepat ke dalam plak untuk selanjutnya diubah menjadi asam laktat sebagai hasil dari aktivitas enzimatik bakteri kariogenik. Pada saat yang sama ketika asam terbentuk, glikogen polisakarida, glukukan, dan fruktan juga ikut terbentuk dan disimpan di dalam plak oleh bakteri *Streptococcus*. Simpanan ini akan dipakai ketika bakteri di dalam plak tidak mendapat suplai karbohidrat dari luar sebagai sumber energinya. Akibatnya, asam yang dihasilkan di dalam rongga mulut tidak hanya terbentuk ketika sukrosa terpajan pertama kali, tetapi terus-menerus melalui pemecahan simpanan sebelumnya.<sup>5,6,7</sup>

## 2.5. KERANGKA TEORI

Saliva merupakan fungsi pelindung bagi rongga mulut termasuk mencegah terjadinya karies. Faktor-faktor terkait adalah viskositas, pH, dan kapasitas daparnya. Faktor-faktor tersebut dapat dipengaruhi oleh lingkungan mulut, usia, keadaan psikologis, penyakit serta makanan dan minuman kariogenik. Minuman yang mengandung gula sukrosa adalah minuman yang umum dikonsumsi masyarakat dan telah diketahui sukrosa adalah kariogenik. Akhir-akhir ini madu mulai dikenal sebagai makanan yang banyak manfaatnya bagi tubuh, dan sebagai pemanis juga mulai digemari masyarakat. Dalam penelitian ini ingin diketahui bagaimana pengaruh kedua minuman tersebut terhadap viskositas, pH dan kapasitas dapar saliva (**Gambar 2.11**).



**Gambar 2.11.** Kerangka teori. Viskositas, pH, dan kapasitas dapar saliva dapat dipengaruhi oleh lingkungan mulut, usia, keadaan psikologis, penyakit, serta bahan makanan atau minuman kariogenik seperti madu dan gula sukrosa.