

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA TEORI

2.1. KARIES GIGI

2.1.1. Definisi

Karies gigi adalah kerusakan gigi yang progresif akibat paparan permukaan gigi dengan karbohidrat yang dapat difermentasi sehingga menyebabkan aktifnya metabolisme plak bakteri. Asam organik yang terbentuk dari fermentasi karbohidrat oleh bakteri tersebut akan menyebabkan hilangnya mineral gigi sehingga mengakibatkan demineralisasi, kavitas, dan hancurnya jaringan keras gigi.^{7,13,14}

2.1.2. Etiologi

Stabilitas lingkungan rongga mulut erat kaitannya dengan masalah karies gigi. Diperlukan pemeliharaan keseimbangan homeostasis terhadap faktor-faktor yang berperan penting terhadap timbulnya karies gigi⁴. Faktor-faktor tersebut antara lain (**Tabel 2.1.**):

a. Akumulasi dan retensi plak.⁴

Plak adalah lapisan polisakarida yang melekat kuat pada permukaan gigi dan mengandung banyak organisme patogen, terutama *Streptococcus mutans*.^{4,7,12} Awalnya, plak terbentuk akibat adanya deposisi pelikel (lapisan glikoprotein saliva) di permukaan gigi. Pelikel sebenarnya melindungi permukaan gigi dari masuknya ion asam ke gigi. Namun di samping memiliki aksi proteksi, pelikel ini ternyata juga menyebabkan melekatnya bakteri seperti *S. mutans* dan *S. Sanguis*. Dalam waktu 24 jam, bakteri-bakteri tersebut terus berkoloni hingga membentuk lapisan awal plak. Setelah bakteri ini membentuk pondasi awal, bakteri lainnya yang ada di dalam rongga mulut juga ikut membentuk koloni pada plak secara progresif hingga akhirnya menyebabkan ketebalan plak bertambah.^{7,15}

Ketika bakteri di dalam plak terpajan dengan karbohidrat, terutama sukrosa, maka bakteri plak akan membentuk polisakarida. Ada dua jenis polisakarida yang dihasilkan, yaitu polisakarida ekstraseluler dan polisakarida intraseluler. Polisakarida ekstraseluler berperan dalam menjaga plak tetap

melekat kuat ke permukaan gigi serta menjaga keutuhan plak. Sedangkan polisakarida intraseluler berperan dalam produksi asam yang dihasilkan oleh metabolisme bakteri ketika tidak ada substrat eksogen yang terpajan ke dalam rongga mulut. Akibatnya, produksi asam dari plak tidak hanya dihasilkan pada saat awal terpajannya substrat eksogen, tetapi terus-menerus walaupun sebenarnya tidak ada substrat eksogen yang terpajan saat itu.^{7,15}

Oleh karena itu, 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. Akibatnya, terjadilah proses karies gigi.⁴

b. Frekuensi konsumsi karbohidrat yang dapat difermentasikan (gula).⁴

Gula (sukrosa, glukosa, fruktosa, maltosa, dan laktosa) merupakan mikromolekul yang memiliki karakteristik cepat berdifusi ke dalam plak, mudah larut, dan siap difermentasi. Oleh karena itu gula dianggap sebagai sumber energi utama bagi mikroorganisme. Hasil metabolisme bakteri terhadap gula akan menghasilkan asam organik yang berperan dalam mengawali terjadinya proses karies.⁶

Frekuensi dalam konsumsi gula dianggap lebih berperan dalam menimbulkan proses karies dibandingkan dengan konsentrasi dan jumlah totalnya. Hal ini dibuktikan melalui percobaan yang dilakukan oleh Stephan. Dalam kurvanya Stephan mengungkapkan bahwa konsumsi sukrosa dalam interval singkat dapat mempertahankan suplai substrat bagi bakteri sehingga memungkinkan produksi asam yang dihasilkannya bertahan cukup lama.¹⁶

c. Frekuensi pemaparan asam pada permukaan gigi.⁴

Pemaparan asam pada permukaan gigi dapat menyebabkan pH di dalam rongga mulut turun dengan cepat hingga akhirnya turut mempercepat proses demineralisasi yang terjadi.⁴

d. Faktor pelindung alami dari pelikel dan saliva.⁴

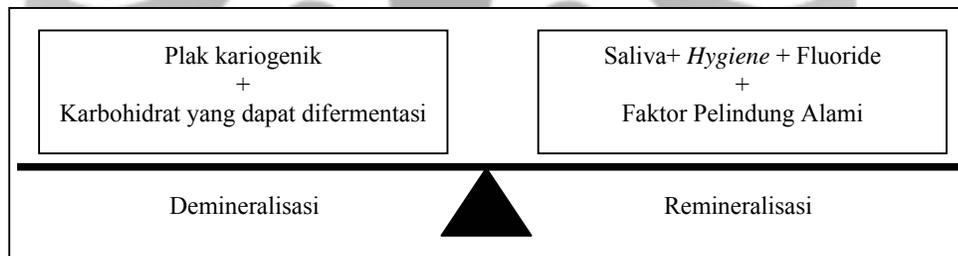
Pelikel adalah lapisan glikoprotein dari saliva yang berperan dalam melindungi permukaan gigi dari difusi ion asam ke gigi.⁴ Pelikel dapat menunda inisiasi proses karies dan larutnya email ketika pH di dalam rongga mulut rendah.⁹

- e. Fluoride dan elemen lainnya yang dapat mencegah/menghambat perkembangan karies gigi.⁴

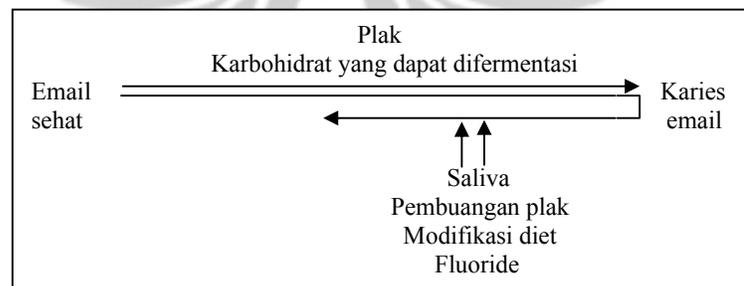
Tabel 2.1. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap keseimbangan demineralisasi-remineralisasi⁴

Faktor-faktor yang Merusak	Faktor-faktor Pelindung
Makanan + plak = asam plak	Kapasitas dapan saliva
Penurunan aliran saliva	Tingkat kalsium dan fosfat
Kapasitas dapan dan aksi pembersih yang rendah	Dapan dan remineralisasi
Saliva yang asam	Protein/glikoprotein
Asam erusif	Pemaparan fluoride (sebelum dan sesudah erupsi)

Secara umum, interaksi di antara faktor-faktor tersebut di dalam rongga mulut dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1. Faktor-faktor etiologi karies.⁴



Gambar 2.2. Interaksi faktor-faktor etiologi karies.¹⁷

2.1.3. Patogenesis

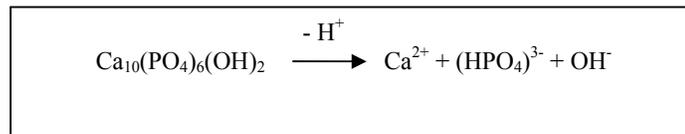
Dalam keadaan normal terjadi pertukaran ion-ion antara permukaan gigi dan lapisan biologis yang menutupinya (pelikel/plak/saliva) setiap setelah konsumsi makanan dan minuman. Proses demineralisasi akan dikembalikan dengan cepat melalui simpanan ion-ion kalsium dan fosfat yang ada dalam saliva. Namun jika proses demineralisasi melebihi kemampuan remineralisasi tubuh, sejumlah mineral gigi akan hilang hingga menyebabkan timbulnya karies gigi.⁴

Proses demineralisasi terjadi ketika lingkungan di dalam rongga mulut dalam kondisi asam (pH dibawah 5,5). Pada kondisi ini, kristal hidroksiapatit (komponen mineral gigi) bereaksi dengan ion hidrogen sehingga ion PO_4^{3-} berubah menjadi HPO_4^{2-} . Akibatnya, kristal hidroksiapatit menjadi tidak seimbang dan akhirnya menyebabkan komponen mineral di dalamnya larut (**Gambar 2.2.**)⁴

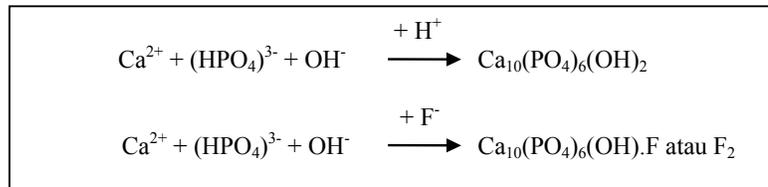
Kemungkinan yang dapat terjadi setelah demineralisasi gigi adalah:

- Karies terhenti (*arrested caries*), terjadi ketika kemampuan remineralisasi cukup kuat untuk menanggulangi proses demineralisasi.
- Karies kronis (lesi subpermukaan), terjadi ketika proses remineralisasi cukup aktif sementara proses demineralisasi lambat.
- Karies rampant, terjadi ketika remineralisasi tidak cukup kuat mengimbangi demineralisasi yang cepat.
- Erosi, terjadi ketika proses demineralisasi tidak diimbangi dengan proses remineralisasi.⁴

Proses remineralisasi dihasilkan melalui kapasitas dapar serta kandungan ion-ion kalsium dan fosfat di dalam saliva. Ion fluoride juga dapat memperkuat reaksi remineralisasi ini. Pada proses remineralisasi, pH akan dinetralisasi sehingga proses larutnya mineral kristal hidroksiapatit dapat dihentikan. Selain itu, remineralisasi juga akan membangun kembali bagian kristal hidroksiapatit yang hilang saat proses demineralisasi (**Gambar 2.3.**)⁴



Gambar 2.3. Reaksi kimia dari proses demineralisasi pada permukaan gigi.⁴



Gambar 2.4. Reaksi kimia dari proses remineralisasi pada permukaan gigi.⁴

2.2. SALIVA

2.2.1. Definisi

Saliva merupakan cairan yang disekresikan ke dalam rongga mulut oleh kelenjar saliva mayor seperti kelenjar parotis, submandibula, dan sublingual; kelenjar saliva minor; serta cairan sulkus gingiva.^{13,14,18,19,20}

Saliva tidak terstimulasi adalah saliva yang disekresikan oleh kelenjar saliva ke dalam rongga mulut tanpa adanya stimulus eksogen seperti rasa atau aktivitas mengunyah. Sedangkan saliva terstimulasi adalah saliva yang disekresikan oleh kelenjar saliva ke dalam rongga mulut setelah mendapat terhadap stimulus eksogen.¹⁰

Jumlah total saliva yang disekresikan mencapai \pm 500-600 ml/hari. Setengah dari jumlah tersebut dihasilkan pada keadaan istirahat (saliva tidak terstimulasi) dan sisanya dihasilkan di bawah pengaruh rangsang (saliva terstimulasi).^{18,19}

2.2.2. Komposisi

Komponen-komponen penyusun saliva terdiri atas air (99%), bahan organik, bahan anorganik, dan molekul-molekul makro. Komponen organik terdiri dari urea, glukosa bebas, asam amino bebas, asam lemak, dan laktat, sedangkan komponen anorganik terdiri dari kalsium, klorida, bikarbonat, natrium, kalium, amonium, dan asam fosfat, magnesium, sulfat, iodida, dan fluoride. Sementara itu,

komponen makromolekul terdiri dari protein; gula glikoprotein; lemak seperti kolesterol, trigliserida, lesitin, dan fosfolipid; amilase; lisozim; peroksidase; serta imunoglobulin seperti IgA, IgG, dan IgM.^{10,19,20} Dengan adanya komponen-komponen tersebut, integritas jaringan di dalam rongga mulut dapat tetap terjaga dengan baik.^{21,22}

Komposisi komponen-komponen tersebut berbeda-beda pada tiap individu. Perbedaan ini disebabkan oleh faktor-faktor seperti jenis kelenjar yang menghasilkannya; macam, lama, dan jenis stimulus/rangsang; kecepatan aliran saliva, makanan (*diet*), irama biologi, obat-obatan, dan penyakit-penyakit tertentu yang dapat mempengaruhi kondisi saliva.¹⁴

2.2.3. Fungsi

Saliva di dalam rongga mulut berfungsi tidak hanya membantu dalam pengunyahan, tetapi juga memiliki aksi proteksi melalui aksi pembersihan mekanis, melapisi setiap jaringan di dalam rongga mulut, kapasitas dapar, dan efek antibakteri (**Tabel 2.2.**).^{10,18,19,20}

Tabel 2.2. Fungsi saliva.^{10,14,18}

No.	Fungsi	Keterangan
1.	Cairan lubrikasi	a. Saliva menyelubungi mukosa dan membantu melindunginya dari iritasi mekanis, suhu, dan kimia. b. Saliva dapat membantu dalam pengunyahan dan pengucapan.
2.	Penyimpanan ion	Saliva merupakan larutan berisi ion-ion yang dapat memfasilitasi remineralisasi gigi.
3.	Kemampuan dapar	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	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	Protein saliva dapat membentuk penahan difusi protektif pada gigi.
8.	Pencernaan (<i>digestion</i>)	Melalui enzim amilase yang terkandung di dalam saliva, sisa-sisa makanan berkarbohidrat (<i>starchy food debris</i>) pada gigi dapat dihancurkan.
9.	Rasa	Saliva bertindak sebagai pelarut yang memungkinkan interaksi bahan makanan dengan <i>taste buds</i> pada lidah untuk memfasilitasi rasa.

Tabel 2.2. (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

Musin berasal dari sel-sel asinar kelenjar saliva dan tidak dijumpai di dalam sel-sel asinar serus dan sel-sel asinar duktus. Kandungan glikoproteinnya dapat mempengaruhi viskositas saliva. Selain itu, musin juga berfungsi dalam mempermudah penelanan; membasahi permukaan gigi dan mukosa sehingga jaringan-jaringan tersebut terhindar dari kekeringan; mempermudah artikulasi; serta melindungi mukosa terhadap infeksi bakteri dengan pembentukan lapisan lendir yang sukar ditembus dan dirusak oleh bakteri-bakteri.^{18,19}

Viskositas saliva yang tidak terstimulasi (keadaan istirahat) sebaiknya kental dan dapat mengalir agar dapat bertahan cukup lama di dalam rongga mulut untuk melaksanakan aksi proteksinya. Sedangkan viskositas saliva terstimulasi (keadaan berfungsi) sebaiknya encer dan dapat mengalir dengan mudah agar melubrikasi seluruh rongga mulut.^{10,14,18}

2.2.5. Kecepatan Aliran Saliva

Kecepatan aliran saliva menunjukkan variasi diurnal dimana kecepatan tertinggi terjadi pada saat siang hari dan kecepatan terendah terjadi pada saat tidur. Rendahnya kecepatan aliran saliva pada saat tidur di malam hari terjadi karena kelenjar saliva mayor tidak mensekresikan salivanya di waktu ini. Akibatnya, tubuh hanya mampu mengandalkan hasil sekresi saliva dari kelenjar saliva minor dalam melindungi rongga mulut.^{10,14,18}

Kecepatan normal aliran saliva tidak terstimulasi adalah 0,3 ml/menit. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan aliran saliva saat tidak terstimulasi antara lain derajat hidrasi, posisi tubuh, pemaparan terhadap cahaya, stimulasi sebelumnya, irama biologis, dan obat-obatan. Sementara itu, kecepatan normal aliran saliva terstimulasi adalah 1,5-2 ml/menit. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan aliran saliva saat terstimulasi antara lain asal stimulus, mastikasi (pengunyahan), muntah, merokok, ukuran kelenjar saliva,

indera penciuman dan pengecapan, asupan makanan, faktor emosi-psikis, dan usia.^{10,14,18,20}

Pada kondisi saliva tidak terstimulasi, derajat hidrasi berperan besar dalam hubungannya terhadap fungsi dan kecepatan aliran saliva yang dihasilkan dari kelenjar saliva minor. Saliva yang tidak terstimulasi berperan penting bagi kenyamanan rongga mulut karena saliva terstimulasi hanya dihasilkan selama periode singkat pengunyahan.¹⁴

Meningkatnya kecepatan aliran saliva berperan penting dalam mencegah dan menghambat proses karies. Dengan meningkatnya kecepatan aliran saliva, aksi pembersih saliva dalam membersihkan sisa-sisa makanan kariogenik juga akan meningkat. Dengan demikian kesempatan fermentasi karbohidrat oleh bakteri semakin kecil. Selain itu, peningkatan kecepatan aliran saliva juga diiringi dengan peningkatan konsentrasi ion bikarbonat yang berperan penting dalam mempengaruhi kapasitas dapar saliva. Akibatnya, kemampuan saliva dalam menetralkan pH saliva terstimulasi semakin besar sehingga sehingga kemungkinan rusaknya permukaan gigi akibat asam organik yang terbentuk dari fermentasi karbohidrat semakin rendah.^{10,18,20}

2.2.6. pH dan Kapasitas Dapar Saliva

Susunan kuantitatif dan kualitatif elektrolit dari saliva dapat mempengaruhi pH dan kapasitas dapar saliva.¹⁹ pH saliva menunjukkan derajat keasaman saliva sementara kapasitas dapar saliva menunjukkan kemampuan saliva dalam menetralkan pH di dalam rongga mulut. pH rata-rata saliva saat tidak terstimulasi adalah 6,4-6,9. Konsentrasi bikarbonat pada saliva tidak terstimulasi hanya mencapai 50% dari keseluruhan kapasitas dapar saliva, sedangkan konsentrasi bikarbonat saliva terstimulasi dapat mencapai 85% dari keseluruhan kapasitas dapar saliva.^{10,19}

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pH saliva adalah:

a. *Diet*

Makanan karbohidrat yang dapat difermentasi akan menurunkan kapasitas dapar saliva sehingga kemampuan menetralkan pH di dalam rongga mulut akibat hasil metabolisme bakteri kariogenik berkurang. Sedangkan

makanan berprotein dapat meningkatkan kapasitas dapar saliva karena adanya zat basa yang dihasilkan.^{10,18,19}

b. Penurunan kapasitas dapar saliva

Kapasitas dapar dan sekresi saliva pada wanita biasanya lebih tinggi dibandingkan pada pria. Factor-faktor yang dapat menyebabkan penurunan kapasitas dapar adalah usia, penyakit sistemik teretntu, obat-obatan.^{10,18,19}

c. Ritme biologis (irama siang-malam)

pH dan kapasitas dapar saliva yang tidak terstimulasi memiliki nilai yang cukup tinggi segera setelah bangun, namun kemudian dengan cepat nilai tersebut turun kembali. Nilai ini akan sedikit meningkat sampai malam, tetapi setelah itu turun kembali. Sedangkan pada pH dan kapasitas dapar saliva yang terstimulasi, ¼ jam setelah stimulasi keduanya memiliki nilai paling tinggi, dan dalam kurun waktu 30-60 menit kemudian akan kembali turun.^{10,18,19}

Sementara itu, faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai kapasitas dapar saliva adalah:

1. Bikarbonat

Bikarbonat merupakan ion dapar terpenting di dalam saliva dan ion ini akan menentukan sebagian besar kapasitas dapar dan derajat asam saliva.^{10,18}

2. Kalsium dan fosfat

Ion kalsium dan fosfat penting dalam melindungi gigi terhadap perkembangan karies karena ion-ion ini dapat menjaga saturasi saliva terhadap mineral gigi. Sistem fosfat menghasilkan 14% dari keseluruhan kapasitas dapar saliva dan memberikan kapasitas dapar paling signifikan pada saat saliva tidak terstimulasi.^{5,18}

3. Protein

Konsentrasi protein di dalam saliva relative kecil, oleh karena itu protein hanya dianggap sebagai tambahan sekunder dalam kapasitas dapar saliva.^{18,19}

4. Urea

Urea digunakan oleh mikroorganisme di dalam rongga mulut untuk menghasilkan ammonia agar dapat menetralkan hasil akhir metabolisme bakteri sehingga pH dapat meningkat.¹⁹

2.2.7. Peran Saliva dalam Keseimbangan Mineral-Karies

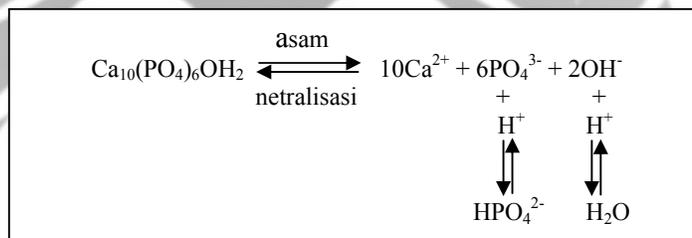
2.2.7.1. Saliva-Pelikel-Plak

Pelikel merupakan lapisan protein dan lemak yang dihasilkan dari saliva. Pelikel berikatan kuat pada email dan berfungsi melindungi email dari gangguan mekanis dan kimia seperti asam.¹⁰

2.2.7.2. Komposisi Email

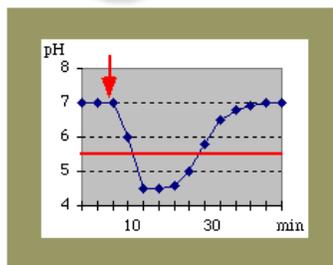
Mineral email tersusun atas kalsium fosfat hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$) dan termasuk mineral yang sulit larut. Kelarutan mineral apatit ini sangat bergantung pada pH lingkungan, termasuk pH saliva.¹⁰

Saliva sendiri berkaitan erat dengan mineral gigi karena pelikel yang terbentuk dari saliva secara umum mengatur proses larutnya email akibat karies. pH yang dihasilkan oleh saliva nantinya akan berpengaruh terhadap larutnya mineral hidroksiapatit (**Gambar 2.5**).^{10,18}



Gambar 2.5. Proses Keseimbangan Mineral pada Gigi

2.2.7.3. Saliva dan Kurva Stephan



Gambar 2.6. Kurva Stephan: pH saliva setelah kumur glukosa.²³

Kurva Stephan (**Gambar 2.6.**) menunjukkan bagaimana gambaran penurunan pH segera setelah konsumsi makanan karbohidrat. Jenis gula seperti sukrosa dan glukosa merupakan jenis makanan dengan tingkat kariogenitas yang tinggi. Konsumsi jenis makanan ini akan menyebabkan penurunan pH dengan cepat (2-5 menit) hingga di bawah 4,5-5 (pH kritis) karena kemampuan sukrosa yang cepat berdifusi ke dalam plak sehingga dapat dimetabolisme oleh bakteri dan menghasilkan produk asam organik dengan cepat pula. Selama 15-20 menit kemudian, asam ini akan tetap bertahan di dalam rongga mulut sebelum akhirnya meningkat perlahan kembali ke pH normalnya dalam kurun waktu 1 jam.^{6,7,24} Penurunan pH ini menyebabkan konsentrasi ion yang dibutuhkan untuk saturasi meningkat dan tubuh akan berusaha menjaga saturasi ini dengan cara melarutkan mineral-mineral yang terkandung dalam gigi.²⁴

Namun selain menyebabkan turunnya pH, konsumsi makanan ini ternyata juga dapat meningkatkan kecepatan aliran saliva. Telah disebutkan sebelumnya bahwa meningkatnya kecepatan aliran saliva ini tentunya dapat memberikan efek yang menguntungkan, yaitu meningkatkan aksi pembersihan dan kapasitas dapar saliva. Hal inilah yang terlihat sebagai peningkatan pH secara perlahan di dalam kurva Stephan. Dalam tahap ini, plak akan bersupersaturasi dengan hidroksiapatit dan mineral yang telah hilang digantikan kembali.²⁴

2.3. MADU



Gambar 2.7. Madu.²⁴

2.3.1. Definisi

Madu (**Gambar 2.7.**) adalah cairan alami yang kental dan memiliki rasa manis. Madu dihasilkan oleh lebah madu dari sari bunga tanaman (*flora nectar*) atau bagian lain dari tanaman (*extra flora nectar*) atau ekskresi serangga.^{25,26,27}

2.3.2. Kandungan Gizi

Madu dikategorikan sebagai kelompok bahan makanan bergizi karena setiap 1000 g madu bernilai 3.280 kalori. Nilai 1 kg madu sama dengan 50 butir telur, atau 5.575 liter susu, atau 1.680 kg daging.²⁵

Meski sama manisnya, perlakuan tubuh terhadap madu yang manis itu berbeda dibandingkan dengan gula pasir. Madu dapat diproses langsung menjadi glukogen, sedangkan gula harus diproses terlebih dulu oleh enzim pencernaan di usus. Dengan demikian tubuh bisa lebih cepat merasakan manfaat madu dibandingkan dengan gula pasir.^{28,29}

2.3.3. Komposisi

Konsentrasi madu bervariasi, tergantung dari sumber/jenis nektar dan lingkungan alam sekitar. Komponen-komponen penyusun madu antara lain:

a. Komponen organik

1) Karbohidrat

Jenis karbohidrat yang terkandung di dalam madu adalah fruktosa, glukosa, dan sukrosa dengan komposisinya secara berurutan adalah 39-41%, 31-35%, dan maksimal 5%.^{25,26,27,29}

2) Asam organik

Kandungan asam organik di dalam madu menyebabkan madu memiliki pH antara 3,2-4,5. Jenis asam organik yang menyusun madu antara lain laktat, tartarat, oksalat, asetat, butirat, formiat, maleat, glikolat, piruvat, α ketoglutarat, fenil asetat, benzoat, propionat, glukono lakton, dan glukonat.^{25,26,27,29}

3) Protein

Persentase protein di dalam madu relative kecil, hanya mencapai 0,3%.²⁹

4) Enzim

Enzim invertase, diastase, dan glukosa oksidase merupakan jenis enzim yang terdapat di dalam madu dan enzim-enzim ini berkaitan erat dengan kandungan gula di dalam madu nantinya.^{25,26,27,29}

5) Vitamin

Walaupun persentase kandungan vitamin di dalam madu kecil, namun jenis vitamin yang menyusun madu cukup banyak, diantaranya vitamin C, niasin, B₆, asam pantotenat, B₂, dan B₁.^{26,27,29}

6) Hidroksimetilfurfural (HMF)

Komponen ini cenderung dikelompokkan sebagai kandungan lainnya dalam madu karena terbentuknya HMF berkaitan erat dengan proses pemanasan dan jangka waktu penyimpanannya. Kadar HMF yang tinggi menunjukkan bahwa kualitas madu tersebut rendah.²⁹

b. Komponen anorganik.^{27,29}

1) Mineral

Mineral terkandung di dalam madu dalam persentase 0,02-1%. Jenis mineralnya sendiri cukup banyak, di antaranya kalium, natrium, kalsium, fosfor, aluminium, belerang, seng, magnesium, besi, dan lain-lain. Di antara mineral-mineral tersebut, kalium merupakan jenis mineral dengan persentase terbesar.³⁰

2) Air

Kandungan air di dalam madu harus diperhatikan karena air ini akan mempengaruhi kekentalan, granulasi, dan fermentasi. Kadar air yang diperbolehkan ada di dalam madu maksimal di antara 17-22%. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kadar air di dalam madu adalah cara pengolahan, wadah atau tempat penyimpanan madu, serta suhu yang digunakan selama penyimpanan madu. Apabila terdapat perubahan di antara faktor-faktor tersebut, maka kualitas madu juga akan ikut mengalami perubahan.³⁰

2.3.4. Syarat Mutu Madu

Di Indonesia, syarat mutu madu diatur dalam SNI 01-3545-2004 (**Tabel 2.3.**). Ketentuan ini dibuat sebagai standar yang harus dipenuhi untuk madu dengan kualitas yang baik.²⁷

Pada kenyataannya, walaupun standar ini telah dibuat, madu-madu yang beredar di pasaran saat ini belum tentu memiliki kualitas yang sesuai. Ketidaktahuan masyarakat mengenai standar mutu ini membuat masyarakat sering

tertipu ketika membeli madu. 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 01-3545-2004.²⁹

Tabel 2.3. Standar Nasional Indonesia terhadap madu.²⁷

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Aktivitas enzim diastase, min.	DN	3
2.	Hidroksimetilfurfural (HMF), maks.	mg/kg	50
3.	Air, maks.	% b/b	22
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

2.3.5. Manfaat



Gambar 2.8. Kemasan madu di dalam botol.³¹

Madu termasuk sebagai salah satu bahan makanan yang biasanya dibuat dalam bentuk kemasan botol berupa sirup, dan sebagainya (**Gambar 2.8.**).

Masyarakat umumnya menggunakan madu dengan cara diminum langsung maupun dengan mencampurnya di dalam bahan makana atau minuman (**Gambar 2.9.**)²⁸



Gambar 2.9. Madu dalam pemakaian sehari-hari³⁰

Manfaat lainnya dari madu adalah dalam bidang farmasi. Beberapa orang mengatakan bahwa madu bisa menggantikan antibiotik bagi pasien pengidap kanker, serta menyembuhkan efek sampingan prosedur kuratif dan obat rematik. Selain itu, madu juga dikatakan dapat merehabilitasi pasien berpenyakit jantung, penyakit kulit, tukak lambung, luka bakar, dan sebagainya. Penelitian-penelitian lainnya mengenai pemanfaatan madu sebagai bahan obat juga sudah cukup banyak dilaporkan. Sayangnya, kenyataan itu sulit diterima organisasi kesehatan dan perguruan tinggi kedokteran di beberapa negara dengan alasan kurangnya bukti ilmiah.²⁹

Dr. Peter C. Molan menyatakan bahwa zat antimikroba dalam madu, yaitu hidrogen peroksida, dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*, yang dapat 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.^{8,32} Ia juga menyatakan bahwa aktivitas antimikroba yang dimiliki oleh madu dapat digunakan dalam membantu perawatan terhadap gingivitis dan penyakit periodontal.³²

2.4. PEMANIS RENDAH KALORI / PENGGANTI GULA

Pemanis rendah kalori yang mempunyai nama lain pemanis tidak bernutrisi, pemanis buatan, atau pengganti gula adalah bahan yang ditambahkan pada makanan untuk memberi rasa manis tanpa menambahkan jumlah kalori yang signifikan. Faktanya, pemanis rendah kalori dapat sangat membantu orang-orang yang sedang dalam program pengaturan berat badan. Terdapat peningkatan penggunaan dari pemanis rendah kalori ini karena tidak menimbulkan karies gigi dan aman untuk semua segmen populasi, termasuk pasien dengan diabetes dan juga individu yang mempunyai faktor resiko karies yang tinggi. Oleh karena itu, pemanis ini bila digunakan untuk menggantikan gula pada makanan yang sering dikonsumsi akan mempunyai keuntungan dental.^{11,12,17,33,34}

Lima bahan yang paling sering digunakan di seluruh dunia adalah acesulfame potassium (Ace-K), aspartam, neotam, sakarin, sukralosa. Pemanis-pemanis tersebut beserta juga gula alkohol yang terdiri dari sorbitol, mannitol, xylitol, erythritolisomalt, laktitol, maltitol dengan angka kecukupan gizi yang tidak boleh melewati ketentuan ini aman untuk dikonsumsi karena telah dilegalkan oleh *Food and Drugs Administration* dari Amerika dan juga telah dilegalkan oleh negara maju lainnya seperti Inggris.^{11,12,33,34}

Produk-produk ini dibagi menjadi dua kategori yaitu pemanis yang tidak mempunyai nilai kalori (non-nutritif atau pemanis pekat (*intense sweeteners*)) dan yang punya nilai kalori (nutritif atau pemanis yang diperlukan banyak (*bulk sweeteners*)).¹⁷

Dalam penelitian ini akan digunakan pemanis rendah kalori merk “Tropicana Slim Classic” yang berbentuk sachet berisi 2,5 gram untuk sekali minumnya. Kandungan kalori yang dihasilkan adalah 6 kilo kalori. Pemanis yang dikandung adalah sorbitol dan aspartam 40mg/ sachet.

2.4.1. Pemanis Non-nutritif

Pemanis jenis ini kadang-kadang disebut pemanis pekat (*intense sweeteners*) karena mempunyai rasa manis yang lebih banyak daripada sukrosa (**Tabel 2.4.**). Substansi ini menimbulkan rasa manis, tapi tidak menghasilkan kalori sama sekali. Oleh karena itu, pemanis ini aman untuk gigi karena tidak bisa

menjadi sumber energi bagi mikroorganisme plak dental dan asam tidak bisa dihasilkan oleh mikroorganisme tersebut.¹⁷

Tiga jenis pemanis ini yang siap tersedia di Inggris adalah sakarin, asesulfam-K dan aspartam yang diproduksi dalam bentuk tablet dan bubuk.¹⁷

2.4.1.1. Sakarin

Sakarin ditemukan lebih dari satu abad yang lalu dan telah digunakan sebagai pemanis pada makanan dan minuman selama lebih dari 80 tahun. Sakarin mempunyai rasa manis 300 kali lipat dari sukrosa dengan berat yang sama tetapi rasa agak pahit dan memiliki rasa kelogaman setelah konsumsi. Untuk beberapa tahun keamanannya diperdebatkan karena tumor kandung kemih ditemukan pada tikus laki-laki yang diberikan sakarin pada dosis yang tinggi. Bagaimanapun, sakarin telah ditemukan aman, walaupun pada level yang tinggi untuk penggunaan manusia.^{17,33}

2.4.1.2. Asesulfam-K

Asesulfam-K secara kimiawi berhubungan dengan sakarin namun memiliki rasa setelah konsumsi yang lebih baik.¹⁶ *Food and Drugs Administration* menyimpulkan bahwa asesulfam-K aman dan konsisten dengan penemuan penelitian dari negara-negara lain. Asesulfam-K tidak dipecah dalam tubuh dan dibuang tidak terubah oleh ginjal dan tidak mempunyai efek pada serum glukosa, kolesterol, atau trigliserida, dan pasien diabetes dapat secara aman mengkonsumsinya.^{17,33}

2.4.1.3. Aspartam

Aspartam (yang memiliki nama dagang Canderel, Nutra Sweet, Tropicana Slim Classic, Equal) adalah produk yang sedikit berbeda yang mengandung 2 asam amino. Pemanis ini memiliki rasa yang paling mirip dengan sukrosa dengan tanpa rasa pahit.¹⁷ Aspartam telah terbukti aman, kecuali untuk orang dengan penyakit keturunan yang jarang yang dikenal dengan nama fenilketonuria, yang harus membatasi masuknya fenilalanin dari semua sumber, termasuk aspartam.³³

Aspartam adalah pemanis buatan rendah kalori yang banyak digunakan pada merk-merk terkenal pemanis buatan, dan juga terdapat dalam 6.000 makanan dan minuman yang tersebar di 100 negara.^{11,16} Aspartam memiliki rasa manis 200 kali sukrosa dan memiliki nilai kalori yang hampir sama dengan gula yaitu 4 kilo

kalori. Tetapi mengingat jumlah yang diperlukan jauh lebih sedikit untuk membuat rasa manis, masa bisa dikatakan bahwa aspartam tidak berkalori. ADI (*Acceptable Daily Intake*) adalah 40 mg/kg berat badan/hari.^{11,16}

Pertama kali disahkan oleh FDA (*Food and Drugs Administration*) pada tahun 1981 untuk digunakan pada permen karet, sarapan sereal, dan produk-produk kering lainnya. Pada tahun 1996, aspartam digunakan luas untuk pemanis makanan dan minuman.^{11,16}

Aspartam dapat menolong orang dengan program diet dan juga bagi penderita diabetes dan juga berpotensi untuk mencegah karies menurut *American Dietetic Association*.^{11,16}

2.4.1.4. Neotam

Merupakan pemanis rendah kalori terbaru, yang dilegalkan oleh *Food and Drugs Administration* pada Juli 2002 sebagai pemanis yang banyak memiliki fungsi. Memiliki 7.000 kali rasa lebih manis daripada gula sukrosa. Oleh karena pelegalan pemakaian bahan ini, neotam dipelajari dalam lebih dari 100 pemeriksaan ilmiah ekstensif. Pemeriksaan ini meliputi toksisitas, dan penelitian-penelitian tentang perkembangan dan reproduksi karsinogenitas. Penelitian pada manusia juga dilakukan dan diketemukan tidak ada efek yang signifikan.³⁴

2.4.1.5. Sukralosa

Pada tahun 1999, *Food and Drugs Administration* melegalkan sukralosa sebagai pemanis untuk berbagai fungsi untuk penggunaan di semua kategori makanan dan minuman. Penelitian keamanannya pun telah dipelajari oleh JECFA (*The Joint FAO/WHO Committee On Food Additives*) dan EFSA (*European Food Safe Authority*), dimana keduanya menyimpulkan bahwa sukralosa aman dikonsumsi manusia.³⁴

Tabel 2.4. Pemanis Rendah Kalori

Pemanis Rendah Kalori				
Jenis Pemanis	Nilai Kalori	Tanggal dilegalkan	Lebih manis dibandingkan gula sukrosa	Brand Name(s)
Asesulfam-K	0	1988	200x	Sunett, Sweet One

Tabel 2.4. (Sambungan)

Aspartam	4	1981	180x	NutraSweet, Equal, others
Neotam	0	2002	7,000x	n/a
Sakarín	0	Berdekatan dengan tahun 1958	300x	Sweet 'N Low, Sweet Twin, Sugar Twin, others
Sukralosa	0	1998	600x	Splenda
Sumber: <i>Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety</i> , IFT, 2006 ³²				

2.4.2. Pemanis Nutritif

Pemanis nutritif adalah gula alkohol dan yang paling berguna adalah sorbitol dan xylitol. Mannitol, laktitol, sirup glukosa hidrogenasi dan isomalt juga dilegalkan penggunaannya untuk produk makanan di Inggris.¹⁷

2.4.2.1. Sorbitol

Sorbitol atau juga dikenal glucitol, adalah gula alkohol yang dimetabolisme dengan lambat di tubuh. Sorbitol didapatkan dengan reduksi glukosa dengan penggantian grup aldehid menjadi grup hidroksil tambahan.^{34,35} Sorbitol ditemukan secara alami pada beberapa buah, namun untuk alasan ekonomi sorbitol dan mannitol telah bisa dihidrogenasi dari glukosa.^{34,35}

Kegunaannya banyak dilihat pada permen mint yang bebas gula dan bermacam-macam sirup obat batuk dan biasanya dicantumkan pada komposisi bahan yang inaktif. Sorbitol merupakan pengganti gula yang banyak digunakan pada makanan misalnya minuman diet dan es krim, dan juga permen karet. Kegunaan lainnya terdapat pada kosmetik, *biofuel*, larutan kumur, dan lain-lain.

Sorbitol banyak terdapat di buah-buahan anggur (*drupe*) dan buah beri dari genus *Sorbus*. Tetapi juga diproduksi secara komersial dari karbohidrat yang lain seperti sukrosa, glukosa, dan amilum.³⁵

Sorbitol merupakan pemanis yang bergizi karena mengandung energi sebesar 2,6 kilo kalori per gramnya.³⁵ Jika dibandingkan dengan sukrosa, maka sorbitol memiliki 50-70% tingkat kemanisan sukrosa.³⁴ The Joint Food and Agriculture Organization/World Health Organization Expert Committee on Food Additives (JECFA) telah meninjau data keselamatan dan menyimpulkan bahwa sorbitol itu aman. JECFA telah menetapkan masukan sehari-hari yang dapat

diterima (*Acceptable Daily Intake*) untuk sorbitol adalah tidak spesifik, artinya tidak ada batas dalam penggunaannya.^{33,34}

Karena metabolismenya yang buruk dalam tubuh, maka sorbitol tidak menaikkan kadar insulin darah sebanyak gula putih yang banyak terdapat di pasaran.^{33,34} Dan karena metabolisme yang buruk itulah, sorbitol dapat membantu pengaturan diet. Gula alkohol yang dalam hal ini sorbitol tidak menimbulkan karies karena sorbitol tidak beraksi dengan bakteri penyebab karies.^{33,35}

2.4.2.2. Xylitol

Xylitol adalah gula alkohol yang diperoleh secara komersial dari kulit kelapa, pohon oak dan juga sekam biji katun. Biaya produksinya lebih mahal dua kali dibandingkan sorbitol dan sepuluh kali dibandingkan biaya sukrosa. Seperti sorbitol, xylitol mempunyai efek laksatif, tetapi tidak seperti sorbitol yang bisa difermentasi oleh mikroorganisme oral. Xylitol mempunyai efek antikaries karena mengalami beberapa mekanisme berbeda yaitu menstimulasi laju saliva, meningkatkan remineralisasi, dan mengurangi jumlah *Streptococcus mutans* di dalam rongga mulut. Xylitol mempunyai tingkat kemanisan yang sama dengan sukrosa dan memberikan sensasi yang dingin di dalam mulut. Satu gram xylitol mengandung 4 kkal.^{17,33,34}

2.4.2.3. Laktitol

Merupakan pendatang baru untuk kategori gula alkohol. Diderivasi dari laktosa dan mempunyai energi setengah dari sukrosa tetapi mempunyai rasa manis hanya sepertiga dari sukrosa.^{17,33,34}

2.4.2.4. Sirup Glukosa Hidrogenasi (Lycasin)

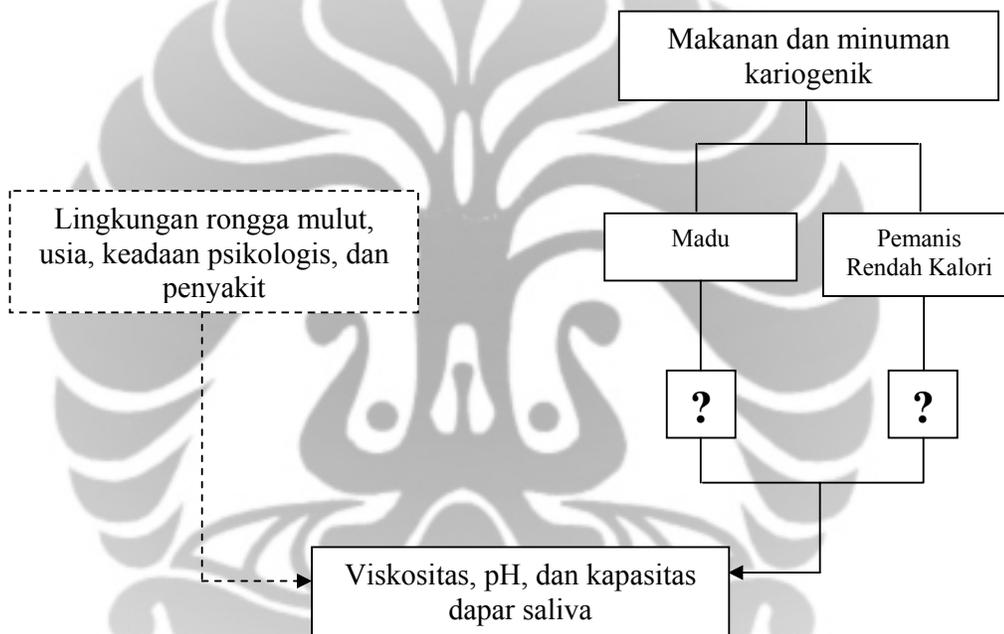
Diperoleh dari hidrolisis enzimatis dari kanji atau tepung jagung. Sirup glukosa hidrogenasi ini berpotensi membingungkan karena sirup glukosa hidrogenasi ini tidak memiliki gula, namun sirup glukosa adalah bergula dan kariogenik. Lycasin adalah nama merek dagang yang telah digunakan untuk produksi obat-obatan di beberapa negara.¹⁷

2.4.2.5. Isomalt (Palatinit)

Isomalt adalah campuran dari dua alkohol disakarida.¹⁷

2.5. KERANGKA TEORI

Viskositas, pH, dan kapasitas dapar adalah faktor-faktor saliva yang dapat dipengaruhi oleh lingkungan mulut, keadaan gigi, usia, faktor psikologis, penyakit, dan makanan dan minuman kariogenik. Mengingat saliva memiliki fungsi pelindung bagi rongga mulut termasuk mencegah terjadinya karies gigi, dan makanan dan minuman manis banyak dikonsumsi masyarakat (misalnya madu dan pemanis rendah kalori), maka dalam penelitian ini ingin diketahui bagaimana pengaruh kedua minuman itu terhadap faktor-faktor saliva di atas.



Gambar 2.10. Kerangka teori. Perubahan nilai viskositas, pH, dan kapasitas dapar saliva dapat dipengaruhi oleh lingkungan mulut, keadaan gigi, usia, keadaan psikologis, penyakit, dan bahan makanan atau minuman seperti air madu dan air pemanis rendah kalori