

**UJI PELEPASAN ION KROMIUM PADA BRAKET *STAINLESS STEEL*
YANG DIRENDAM DALAM SALIVA ARTIFISIAL**



SKRIPSI

SURYANTI

J111 15 043

**BAGIAN ORTODONTI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2019



**UJI PELEPASAN ION KROMIUM PADA BRAKET *STAINLESS STEEL*
YANG DIRENDAM DALAM SALIVA ARTIFISIAL**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Universitas Hasanuddin
Guna Melengkapi Salah Satu Syarat
Mencapai Gelar Sarjana Kedokteran Gigi

OLEH

Suryanti

J111 15 043

**BAGIAN ORTODONTI
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2019



LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Uji Pelepasan Ion Kromium pada Braket *Stainless steel* yang direndam dalam Saliva Artifisial.

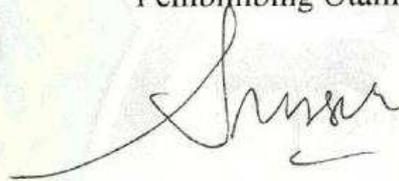
Oleh : Suryanti / J111 15 043

Telah Diperiksa dan Disahkan

Pada Tanggal 4 Februari 2019

Oleh:

Pembimbing Utama:

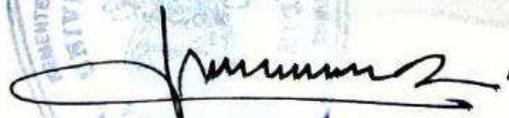


Dr. drg. Susilowati, SU
NIP. 19550415 198010 2 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi

Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. drg. Bahrudin Talib, M.Kes., Sp.Pro
NIP. 19640814 199103 1 002



SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan mahasiswa yang tercantum dibawah ini :

Nama : Suryanti

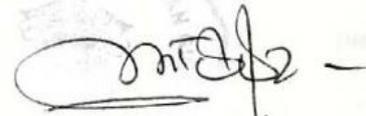
NIM : J111 15 043

Judul : Uji Pelepasan Kadar Ion Kromium Braket *Stainless Steel* yang
Direndam dalam Saliva Artifisial

Menyatakan bahwa judul skripsi yang diajukan adalah judul yang baru dan tidak
terdapat di Perpustakaan Fakultas Kedokteran Gigi Unhas.

Makassar, 4 Februari 2019

Staf. Perpustakaan Fakultas



Amiruddin, S.Sos.

NIP.19661121 199201 1 003



KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirohim

Assalamualaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Alhamdulillahillobbilalamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada maha besar Allah SWT atas segala berkah dan rahmat-Nya yang tak terhingga, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam juga penulis haturkan kepada Nabi besar Muhammad *Shallallahu 'Alahi Wassallam* sebagai suri tauladan dalam akhlakul kharimah dan yang telah membawa kita dari alam gelap gulita ke alam terang benderang.

Penulisan skripsi dengan judul **“Uji pelepasan ion kromium pada braket stainless steel yang direndam dalam saliva artifisial”** dilakukan dalam rangka untuk memenuhi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi (SKG) pada Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin.

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan skripsi ini terdapat banyak kekurangan mengingat segala keterbatasan yang dimiliki penulis. Namun penulis telah memberikan yang terbaik dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Oleh karenanya kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan bagi penyempurnaan skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini tidak akan mudah selesai tanpa bimbingan, bantuan, dan doa, serta saran yang telah diberikan dari semua pihak. Oleh karenanya



dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis ingin ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Dr. drg. Ny. Susilowati, SU.** selaku dosen pembimbing skripsi penulis yang dengan sabar dan penuh perhatian telah menyediakan waktu, tenaga dalam memberikan ilmu, arahan, serta nasihat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. **Prof. Dr. dr. Bahruddin Talib, M.kes, Sp.Pros** selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin.
3. **Dr. dr. Aries Chandra Trilaksana, Sp. Kg (K)** selaku pembimbing akademik penulis yang selama ini selalu meluangkan waktu, dan telah banyak memberikan bantuan berupa nasihat, bimbingan dan motivasi kepada penulis sejak penulis memasuki dunia perkuliahan.
4. **Kedua Orang Tua** penulis, atas segala dukungan, nasihat, dan doa yang diberikan kepada penulis.
5. **Saudara/i** penulis yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
6. Teman seperjuangan satu bimbingan skripsi, saudari **Ayu Lestari** atas kesabarannya, semangat dan dukungannya yang selalu menemani penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.
7. Teman-teman seperjuangan skripsi bagian ortodonti, atas bantuan, dukungan dan motivasi yang selalu diberikan kepada penulis.
8. Keluarga kecil penulis, "**PULPA 2015**" atas segala bantuannya, dukungan baik secara langsung maupun tak langsung.



dosen dan staf karyawan yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga segala bentuk bantuan yang telah diterima penulis selama proses penulisan skripsi ini mendapat limpahan rahmat dan karunia Allah SWT. Tak ada yang diharapkan oleh penulis selain penulisannya yang memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakatuh

Makassar, 4 Februari 2019



Suryanti



UJI PELEPASAN ION KROMIUM PADA BRAKET *STAINLESS STEEL* YANG DIRENDAM DALAM SALIVA ARTIFISIAL

SURYANTI

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin

ABSTRAK

Latar belakang: Tingginya prevalensi maloklusi mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan perawatan ortodontik di Indonesia. Penggunaan alat ortodontik cekat semakin banyak diminati oleh masyarakat. Salah satu komponen dari alat ortodontik cekat adalah braket yang terbuat dari *stainless steel*. Braket *stainless steel* dapat mengalami korosi di lingkungan rongga mulut dan menyebabkan terlepasnya ion logam, diantaranya adalah ion kromium yang kemungkinan dapat memberikan dampak buruk pada tubuh. **Tujuan:** Untuk menguji pelepasan ion kromium pada braket *stainless steel* yang direndam dalam saliva artifisial. **Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris rancangan *control group post only design*. Total sampel sebanyak 9 yang direndam dalam 20 ml saliva artifisial. Sampel terbagi dalam 2 kelompok yaitu kelompok perlakuan (n=6) dan kelompok kontrol (n=3). Pada kelompok perlakuan dilakukan perendaman pada pH 4 & 8, sedangkan pada kelompok kontrol dilakukan perendaman pada pH 7. Untuk semua kelompok direndam selama 3 periode waktu yaitu 1 minggu, 2 minggu, dan 3 minggu dan diinkubasi pada suhu 37⁰C. Sampel diuji dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Data hasil penelitian dianalisis menggunakan uji statistik *Shapiro-Wilk* dan dilanjutkan dengan uji *Kruskal-Wallis*. **Hasil:** Pelepasan kadar ion kromium terbesar terlihat pada minggu ke-3 dalam kelompok perendaman saliva artifisial berturut-turut pada pH 4, pH 8, dan pH 7. **Kesimpulan:** Tidak terdapat perbedaan signifikan rerata kadar ion kromium antara kelompok perendaman pada saliva artifisial pH 4, 7, dan 8 selama 1 minggu, 2 minggu, dan 3 minggu ($p>0.05$).

Kata kunci: Braket *stainless steel*, kromium, saliva artifisial, pH, waktu perendaman



CHROMIUM ION RELEASE TEST ON STAINLESS STEEL BRACKET IMMERSED IN ARTIFICIAL SALIVA

SURYANTI

Faculty of Dentistry, of Hasanuddin University

ABSTRACT

Background: The high prevalence of malocclusion results in an increased need for orthodontic treatment in Indonesia. The use of fixed orthodontics is increasingly in demand by the public. One component of fixed orthodontic appliance is stainless steel brackets. Stainless steel brackets can corrode in the oral environment and may cause the release of metal ions. One of the metal ions released is chromium ions that might give a negative effect on the body. **Objective:** To test the release of chromium ions on stainless steel brackets immersed in artificial saliva. **Methods:** This research is an experimental laboratory study with control group post only design. A total of 9 samples were immersed in 20 ml of artificial saliva. The samples were divided into 2 groups, namely the treatment groups ($n = 6$) and the control groups ($n = 3$). In the treatment groups, immersion was carried out at pH 4 & 8, while in the control group was at pH 7. All groups were immersed during 3 periods of time i.e: in 1 week, 2 weeks, and 3 weeks and incubated at 37°C . Samples were tested using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The results of the research data were analyzed statistically using Shapiro-Wilk test and continued with the Kruskal-Wallis test. **Results:** The highest release of chromium ion levels was seen at week 3 in artificial salivary immersion groups at pH 4, pH 8, and pH 7 respectively. **Conclusion:** There was no significant difference in mean of chromium ion levels between the artificial salivary immersion groups at pH 4 , 7, and 8 for 1 week, 2 weeks, and 3 weeks ($p > 0.05$).

Keywords: Stainless steel bracket, chromium, artificial saliva, pH, immersion time



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II	6
2.1. Braket.....	6
2.1.1. Braket <i>stainless steel</i>	7
2.1.2. Braket Titanium.....	9
2.2.2. Saliva Artifisial	18
2.3. Korosi dan Pelepasan Ion Kromium.....	18
2.3.1. Korosi.....	18
2.3.2. Pelepasan ion logam pada braket.....	23
BAB III	25
1.5 Kerangka Teori.....	25
1.6 Kerangka Konsep	26
BAB IV	27
4.1. Jenis Penelitian.....	27
4.2. Rancangan Penelitian	27
Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
Tempat penelitian	27
Waktu penelitian.....	27
Variabel Penelitian	27



4.4.1.	Variabel menurut fungsinya	27
4.4.2.	Variabel menurut skala pengukuran	27
4.5.	Definisi Operasional.....	28
4.6.	Subyek Penelitian.....	28
4.7.	Besar Sampel Penelitian.....	28
4.8.	Alat dan Bahan.....	28
4.8.1.	Alat.....	28
4.8.2.	Bahan	29
4.9.	Prosedur Penelitian.....	29
4.9.1.	Pembuatan Saliva Buatan	29
4.9.2.	Perhitungan ion Cr yang terlepas.....	29
4.10.	Analisis Data	30
4.11.	Alur penelitian.....	31
BAB V	.....	32
BAB VI	.....	39
BAB VII	.....	42
7.1.	Simpulan	42
7.2.	Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	.....	43
LAMPIRAN	.....	48



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi Kimia dan derajat AISI dari beberapa <i>stainless steel</i>	9
Tabel 2.2. Nervus parasimpatik yang mempersarafi glandula saliva	13
Tabel 2.3. Tipe sekresi dan komponennya pada tiap glandula saliva	15
Tabel 2.4. Fungsi saliva	17
Tabel 5. 1. Perbedaan kadar ion kromium dalam perendaman saliva artifisial pada kelompok kontrol dan perlakuan dalam 1 minggu perendaman.	32
Tabel 5.2. Perbedaan kadar ion kromium dalam perendaman saliva artifisial pada kelompok kontrol dan perlakuan dalam 2 minggu perendaman.	33
Tabel 5.3. Perbedaan kadar ion kromium dalam perendaman saliva artifisial pada kelompok kontrol dan perlakuan dalam 3 minggu perendaman.	33
Tabel 5.4. Uji normalitas <i>Shapiro-Wilk</i>	34
Tabel 5.5. Perbedaan kadar ion kromium pada kelompok saliva artifisial pH 7 berdasarkan pada periode perendaman minggu ke-1, ke-2, dan ke-3... ..	34
Tabel 5.6 Perbedaan kadar ion kromium pada kelompok saliva artifisial pH 4 berdasarkan pada periode perendaman minggu ke-1,ke-2, dan ke-3.... ..	35
Tabel 5. 7 Perbedaan kadar ion kromium pada kelompok saliva artifisial pH 8 berdasarkan pada periode perendaman minggu ke-1,ke-2, dan ke-3.... ..	35
Tabel 5.8 Hasil uji <i>Kruskal-Wallis</i> dan rerata kadar ion kromium dalam perendaman saliva artifisial pada minggu ke-1,ke-2, dan ke-3.....	36
Tabel 5.9 Perbedaan kadar ion kromium terhadap kelompok perendaman saliva artifisial pH 4,7, dan 8 pada minggu ke-1.....	36
Tabel 5.10 Perbedaan kadar ion kromium terhadap kelompok perendaman saliva artifisial pH 4, 7, dan 8 pada minggu ke-2.....	37
Tabel 5.11 Perbedaan kadar ion kromium terhadap kelompok perendaman saliva artifisial pH 4, 7, dan 8 pada minggu ke-3.....	37
Tabel 5.12 Hasil uji <i>Kruskal-Wallis</i> dan rerata pelepasan ion kromium dalam perendaman saliva artifisial pH 4, 7, dan 8.....	38



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tiga kelenjar utama	10
Gambar 2.2 Anatomi glandula saliva	12
Gambar 2.3 Proses korosi logam	19
Gambar 2.4 Gambaran berbagai bentuk degradasi material	20



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tingginya prevalensi maloklusi menyebabkan meningkatnya perawatan ortodontik. Prevalensi maloklusi yang telah dilaporkan cukup bervariasi berkisar antara 11%-93% yang terdiri dari maloklusi ringan sampai berat (Herwanda dkk, 2016). Maloklusi sendiri diartikan sebagai kondisi yang menyimpang dari kondisi harmonis susunan gigi atas dan gigi bawah. Maloklusi bukanlah sebuah penyakit akan tetapi kondisi maloklusi dapat menimbulkan dampak negatif dalam kehidupan sehari-hari (Laguhi, 2014; Achmad, 2016; Nabhan dkk, 2016).

Perawatan ortodontik bertujuan untuk memperbaiki gangguan-gangguan yang ditimbulkan oleh kondisi maloklusi berupa gangguan fungsi pengunyahan, penelanan, berbicara, serta keserasian wajah yang dapat mempengaruhi estetika. Namun, dalam perbaikan kondisi maloklusi ini perawatan ortodontik membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga komponen alat yang digunakan dalam perawatannya harus aman, nyaman dan tentunya dapat bertahan lama di dalam rongga mulut (Sumule dkk, 2015).

Secara umum terdapat dua alat yang digunakan dalam perawatan ortodontik yaitu alat ortodontik lepasan dan ortodontik cekat. Kedua alat ortodontik ini masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangannya. Alat ortodontik lepasan memiliki keunggulan dari harganya yang lebih murah dan mudah dibersihkan serta dalam proses pembuatan alatnya yang lebih mudah, akan tetapi hanya digunakan pada kasus maloklusi sederhana atau ringan. Sedangkan, alat ortodontik cekat memiliki banyak keunggulan dengan ruang lingkupnya yang lebih besar untuk beberapa masalah maloklusi. Alat

ortodontik cekat juga banyak diminati oleh masyarakat khususnya para remaja hanya mempertimbangkan estetika semata, sekalipun susunan giginya dalam kondisi normal. Hal ini, semakin diperparah dengan maraknya alat ortodontik cekat yang tersedia di pasaran dengan harga terjangkau



dan melupakan berbagai dampak negatif yang dapat ditimbulkan dari perawatan ortodontik (Rosdayanti dkk, 2018; Minanga dkk, 2016; Sianita & Iswari, 2011; Herwanda dkk, 2016).

Perawatan ortodontik dalam hal ini penggunaan alat ortodontik cekat dapat menimbulkan dampak negatif pada individu tertentu. Beberapa komponen yang dimiliki alat ortodontik cekat yaitu braket, *archwire*, dan kawat ligatur dapat mengiritasi mukosa mulut dan gingiva yang akan menyebabkan timbulnya ulkus traumatikus dan ulkus dekubitalis serta kandungan logam yang dimilikinya dapat menimbulkan perubahan warna pada jaringan lunak di sekitarnya, reaksi hipersensitivitas pada individu tertentu, bahkan dapat menyebabkan efek sitotoksik, mutagenik, dan karsinogenik (Sianita & Iswari, 2011; Rosdayanti dkk, 2018; Mirhashemi dkk, 2018).

Braket merupakan salah satu komponen utama dalam perawatan ortodontik cekat, yang berfungsi dalam menghantarkan gaya yang diperlukan untuk menggerakkan gigi serta komponen yang cukup lama berada dalam mulut, sehingga braket yang digunakan harus diproduksi dengan akurat, baik dari segi bentuk, dan tingkat kekuatan serta biokompatibilitas (Siwy dkk, 2015).

Biokompatibilitas merupakan sifat yang harus dimiliki oleh bahan dalam kedokteran gigi karena hal ini menjadi salah satu persyaratan dasar yang diperlukan untuk dapat mencapai kesuksesan tindakan klinis dalam rongga mulut (Chaturvedi & Upadhayay, 2010). Braket dapat terbuat dari beberapa bahan seperti *stainless steel* (SS), keramik, atau plastik (Scribante dkk, 2016). Braket dengan bahan *stainless steel* masih sering menjadi pilihan sejak diperkenalkan tahun 1932 dikarenakan keunggulannya pada komponen mekanisnya yang baik, ekonomis, dan relatif tahan terhadap korosi. Braket dengan bahan *stainless steel* juga dikenal dengan 18/8 umumnya mengandung ion kromium sebanyak 18-19%, nikel 8%, besi 71%, dan sedikit karbon 0,2% (Gajapurada, 2016; Wasono dkk, 2016; Chatuverdi & Upadhayay, 2010; Lombo dkk, 2016).

Ion kromium memberikan sifat yang tahan terhadap korosi pada braket *stainless steel*. Namun dengan berbagai kondisi dalam rongga mulut, korosi tetap terjadi (Wasono dkk, 2016; Keun-Taek Oh dkk, 2005). Korosi



sendiri adalah suatu proses hilangnya beberapa unsur dari logam akibat reaksi kimia dengan lingkungan sekitarnya dan dapat ditandai oleh adanya perubahan fisik pada logam berupa perubahan warna, permukaannya yang kasar dan perubahan kimia berupa pelepasan ion pada lingkungan sekitarnya sebagai produk dari korosi (Mihardjanti dkk, 2017; Wasono dkk, 2016; Devi, 2010).

Produksi korosi berupa ion logam dapat memberikan efek buruk pada tubuh. Salah satunya adalah ion kromium yang telah banyak dilaporkan dapat menimbulkan efek hipersensitivitas, bahkan efek sitotoksik, mutagenesis, dan karsinogenesis (Mirhashemi, 2018; Maheswari dkk, 2015; Mirhadjanti dkk, 2017). Selain itu, kromium dengan dosis tinggi juga dapat mengakibatkan insomnia, sakit kepala, muntah, diare dan iritasi (Dwivedi dkk, 2015). Oleh karenanya, ion kromium kini menjadi perhatian penting dalam masalah korosi.

Ada berbagai banyak hal yang dapat mempengaruhi laju korosi dalam lingkungan rongga mulut seperti temperatur, pH, kondisi saliva, beban mekanis, mikrobiologi dan aktivitas enzim (Dwivedi dkk, 2015). pH memainkan peran penting dalam terjadinya korosi dalam rongga mulut karena pH menunjukkan konsentrasi ion H^+ . Menurut Ornelasari dan Marsudi (2015), dengan meningkatnya pH maka laju korosi akan menurun. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Trepanier dan Pelton (2005) yang ingin melihat adanya efek suhu dan pH pada resistensi korosi nitionol. Perendaman bahan pada larutan dengan pH 1,0; 7,4; dan 9,0 memperlihatkan adanya pengaruh pH terhadap resistensi korosi. Begitupun dengan penelitian secara *in vitro* yang dilakukan oleh Rosdayanti dkk (2018), dengan menggunakan kawat *stainless steel* diameter 0,7mm yang kemudian dipotong sepanjang 5 cm dan diberi goresan pada tiap permukaannya. Selanjutnya kawat direndam ke dalam air kelapa yang memiliki pH 4,67-6,17 dan air salin selama 13 jam dengan suhu $37^{\circ}C$. Laju korosi kemudian dihitung menggunakan metode *weight loss* dan diperoleh hasil adanya perbedaan bermakna sebelum dan sesudah perendaman menggunakan air kelapa (Trepanier dan Pelton, 2015; Rosdayanti dkk, 2018).

Waktu juga menjadi faktor yang mempengaruhi terjadinya laju korosi (Rosdayanti dkk, 2018) karena potensi pelepasan ion logam dari alat ortodontik merupakan fenomena yang bergantung dengan waktu. Oleh karenanya



pelepasan ion logam berubah selama periode waktu (Dwivedi dkk, 2015). Seperti hasil penelitian dari Huang dkk (2001), bahwa kadar pelepasan ion kromium meningkat sampai minggu ke-4. Sementara, Satijia dkk (2014) mencatat peningkatan signifikan kadar kromium tertinggi di dalam saliva pada minggu pertama pemakaian. Sedangkan, pada studi *in vivo* yang dilakukan oleh Dwivedi dkk (2015) tentang pelepasan ion nikel dan kromium pada saliva pasien pengguna ortodontik cekat memperoleh kadar ion kromium pada saliva secara signifikan lebih tinggi pada 1 bulan setelah pemakaian dibandingkan sebelum dan seminggu setelah pemakaian alat ortodontik. Variasi hasil dapat terjadi disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya suhu dalam rongga mulut, kualitas saliva, plak, protein, sifat fisik dan kimia makan dan minuman yang dikonsumsi serta kualitas braket (Huang dkk, 2001; Satija dkk, 2014; Dwivedi dkk, 2015).

Tingginya prevalensi angka maloklusi mengakibatkan semakin meningkatnya kebutuhan akan perawatan ortodontik di Indonesia (Herwanda dkk, 2016; Situmeang dkk, 2016). Hal ini memicu berbagai macam braket mulai beredar di pasaran yang sebagiannya tidak menyertakan kandungan jenis logam yang dimilikinya. Sekalipun, untuk bahan *stainless steel* umumnya mengandung 18% kromium dan 8% nikel tapi tidak berarti semua merek braket yang tersebar di pasaran memiliki kandungan demikian, serta tidak semua braket yang tersebar di Indonesia telah teruji tingkat ketahanannya terhadap korosi dan diperparah dengan braket yang diimpor dari luar negeri juga tidak dilakukan sistem pengujian oleh pihak pemerintah (Situmeang dkk, 2016; Lombo dkk, 2016). Oleh karena itu, peneliti merasa tertarik untuk melihat kadar ion kromium braket yang terlepas pada kondisi asam, basa dan netral dengan interval waktu tertentu pada salah satu merek braket yang tersebar dipasaran.



1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana hasil uji pelepasan ion kromium (Cr) braket ortodontik *stainless steel* yang direndam dalam saliva artifisial?

1.3 Tujuan

Untuk menguji pelepasan ion kromium pada braket *stainless steel* yang direndam dalam saliva artifisial.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan tambahan wawasan dan pengetahuan baru serta memberikan pengalaman langsung pada peneliti dalam melakukan penelitian ini.
2. Sebagai bahan tambahan masukan bagi perkembangan ilmu pengetahuan kedokteran gigi.
3. Untuk melihat kadar ion kromium yang terlepas pada perendaman braket *stainless steel* dalam saliva artifisial pH asam, netral, dan basa dengan variasi waktu perendaman.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Braket

Braket ortodontik merupakan salah satu komponen alat ortodontik cekat yang cukup lama berada dalam rongga mulut sehingga harus memiliki sifat biokompatibilitas yang baik dengan mempunyai slot *archwire* yang halus untuk mengurangi resistensi gesekan, dan permukaan yang mulus untuk mengurangi deposisi plak (Keun-Taek Oh dkk, 2005). Fungsinya dalam menghantarkan gaya yang diperlukan oleh gigi untuk perawatan ortodontik mengharuskan braket memiliki kekerasan dan kekuatan yang benar (Dundu dkk, 2017; Keun-Taek Oh dkk, 2005).

Braket yang melekat pada enamel menjadi media dalam menghantarkan gaya untuk menggerakkan gigi dari aktivasi *archwire*. Awalnya evolusi piranti yang terbuat dari *stainless steel* telah mendemonstrasikan sebuah kurva dengan progres unik, dengan adanya periode diam yang diselingi periode aktif (Brantley & Eliades, 2001).

Sekarang ini, dari berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya berhasil memperkenalkan braket keramik dan plastik yang terbuat baik dari *polycrystalline* ataupun *single-crystal* alumina yang memberikan tampilan estetik yang lebih baik dibanding dengan braket logam (Brantley & Eliades, 2001; Bin Yu & Yong-Keun Lee, 2011). Selain keunggulan dari segi estetik yang dimilikinya, braket keramik dan plastik juga menunjukkan kerugian dalam perawatan ortodontik. Sifat rapuh dari braket keramik menjadikan braket yang tersedia dengan bahan ini memiliki ketebalan yang dapat menimbulkan rasa tidak nyaman pada beberapa pasien, kondisi ini juga mengakibatkan braket keramik sesekali akan mengalami fraktur selama debonding dan dari kekuatan

wire. Selain itu, masalah klinis serius berupa rusaknya lapisan email dapat terjadi ketika braket dilepaskan dari gigi dikarenakan penggunaan lapisan silan basis untuk meningkatkan kekuatan ikatan serta dengan penggunaan



proyeksi kristal pada basis untuk meningkatkan permukaan ikatan aktif yang telah ada (Iijima dkk, 2017; Brantley & Eliades, 2001; Keun-Taek Oh, 2005).

Braket plastik juga memiliki keunggulan dari segi estetikanya, akan tetapi bahan ini mudah mengalami perubahan warna oleh karena penyerapan air. Braket plastik juga memiliki masalah dalam ketahanan deformasinya yang rendah terhadap torsi tinggi yang diterapkan. Hal ini dikarenakan rendahnya modulus elastisitas pada plastik (Iijima dkk, 2017; Brantley & Eliades, 2001; Keun-Taek Oh, 2005).

2.1.1. Braket *stainless steel*

Awalnya braket metalik dibuat dari berbagai bahan aloi *stainless steel* yang memiliki sifat mendekati ideal dengan riwayat panjang akan kesuksesan klinis yang dimilikinya menjadi alasan braket metal lebih banyak dipilih dalam perawatan ortodontik (Iijima dkk, 2017; Keun-Taek dkk, 2005).

Braket *stainless steel* memiliki banyak keunggulan dibalik tampilannya yang kurang estetik, dengan morfologi basis dari *mesh* logam, menghasilkan kekuatan ikatan perekat yang memadai pada enamel yang memenuhi tuntutan kekuatan ortodontik dan deformasi yang cukup untuk memfasilitasi *debonding* dari permukaan enamel setelah akhir perawatan (Brantley & Eliades, 2001; Iijima dkk, 2017). Dari sisi mekanisnya braket *stainless steel* memiliki modulus elastisitas yang relatif tinggi sehingga dapat meminimalisir pengeluaran energi yang ditransfer oleh kawat dari deformasi lokal yang tidak diinginkan dan meminimalisir keausan selama pergerakan kawat di slot (Eliades dkk, 2008). Sedangkan, dari sisi ekonominya braket *stainless steel* lebih ekonomis (Keun-Taek Oh dkk, 2005).

Stainless steel terdiri dari 71% besi, 18-20% kromium, 8-12% nikel, sekitar 0,2% karbon, sejumlah kecil mangan, silikon dan unsur penstabil lainnya (Bishara, 2001; Chatuverdi & Upadhyay, 2010; Kohl, 1964; Santander dkk, 2015). Penggunaan bahan *stainless steel* secara luas umumnya dalam bidang kedokteran gigi tentunya sangat memperhatikan



sifat tahan korosi yang berkaitan dengan sifat biokompatibilitas. *Stainless steel* sendiri telah terbukti memiliki sifat tahan karat dengan adanya kandungan kromium. Kromium pada *stainless steel* berfungsi dalam meningkatkan ketahanan terhadap korosi dengan bereaksi terhadap oksigen dan menjalani pasivasi yang akan membentuk sebuah lapisan tipis pasif kromium oksida pada permukaannya yang dapat menghambat terjadinya korosi (Santander dkk, 2015; Wasono dkk, 2016; Brantley & Eliades, 2001).

Terdapat lima tipe dari aloi *stainless steel* tergantung dari mikrostruktur dan komposisi kimia yang dimilikinya (Young-Ran Yoo, *cit.* Santander & Ossa, 2015).

1) *Ferritic stainless steel*

Tipe aloi ini bersifat magnetis, tahan korosi, dan tidak dapat dipanaskan. Tipe *stainless steel* ini merupakan representatif dari seri AISI 400 diantaranya AISI 405, 430, dan 446 (Santander & Ossa, 2015; Yunaidi, 2016).

2) *Martensitic stainless steel*

Berbeda dengan *ferritic* aloi, tipe ini memiliki kekuatan dan kekerasan yang tinggi serta dapat dipanaskan. Tipe ini termasuk dalam kelompok seri 400 dan 500 (Gunawan, 2017; Yunaidi, 2016).

3) *Austenitic stainless steel*

Stainless steel dengan tipe ini merupakan tipe yang paling terkenal dengan keunggulannya yang tahan korosi. Terdapat beberapa seri dari tipe aloi ini yaitu seri AISI 300 dengan AISI 304 yang dikenal dengan *stainless steel* 18/8 karena kandungan kromium dan nikelnya (Santander & Ossa, 2015; Setyowati & Suheni, 2016).

4) *Duplex stainless steel*

Mikrostruktur dari aloi ini terdiri dari campuran fase *austenitic* dan *delta-ferritic*. Jenis yang paling umum adalah AISI 2205 dan 2304 (Santander & Ossa, 2015; Yunaidi, 2016).



5) *Precipitation-hardening stainless steel*

Penggunaan tipe ini berkembang sejak 1946 dengan pengaplikasiannya yang luas termasuk pada dunia kedokteran dan kedokteran gigi. Jenis yang biasa digunakan adalah AISI 630 yang juga dikenal sebagai 17-4 PH (Santander & Ossa, 2015).

Tabel 2.1. Komposisi Kimia dan derajat AISI dari beberapa *stainless steel* (Santander & Ossa, 2015).

Aloi/Elemen	Seri AISI	C %	Cr %	Ni%	MO %	Mn %	S%	P%	SI %
Ferritic	Seri 4xx	0,12	12-29	<2		1	<0,03	<0,04	<1
Martensitic	Seri 4xx	0,15-1	12-18	>0,7 5		<1	<0,03	<0,04	<1
Austenitic	Seri 3xx	0,02- 0,05	17-20	8-12	2 (316- 316L)	<2	<0,015	<0,04	<1
Duplex	2205	<0,03	18-26	4,5- 6,5	2,5-3,5	<2	<0,02	<0,03	<1
Precipitation-hardening	630 (17-4)	0,07	15,5- 17,5	3-5	0,06	1,5	0,02	0,04	0,7

2.1.2. Braket Titanium

Lapisan kromium oksida pada *stainless steel* dapat rusak sehingga tidak dapat lagi mencegah terjadinya korosi. Korosi *stainless steel* dapat dipengaruhi oleh berbagai hal termasuk kondisi lingkungan yang asam dan basa. Terjadinya korosi mengakibatkan pelepasan ion dari alat ortodontik yang dapat memberikan dampak buruk pada tubuh dan menjadi perhatian bagi para peneliti dan dokter gigi. Permasalahan ini mengakibatkan beberapa produsen telah membuat braket dari perpaduan titanium murni komersial (Eliades dkk, 2008; Iijima dkk, 2015).

Beberapa bukti juga telah dilaporkan tentang kemungkinan pembuatan braket titanium oleh *metal injection molding* (MIM) yang dapat



menjadi cakrawala baru dari braket metalik. Hasil uji braket ini menunjukkan sifat mekanik dan kekuatan ikatannya setara bahkan lebih baik dari pada braket *stainless steel* serta menunjukkan resistensi korosi yang lebih baik (Brantley & Eliades, 2001).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Varma dkk (2013), yang ingin melihat kejadian korosi galvanik dari braket MIM dan konvensional dengan *arch wires* dari nikel-titanium dan tembaga nikel-titanium serta untuk mengevaluasi adanya potensi peningkatan resistensi korosi dari braket MIM dibandingkan dengan braket konvensional dan didapatkan hasil bahwa bersama dengan kawat tembaga nikel-titanium, braket MIM menunjukkan resistensi korosi yang lebih baik dibandingkan dengan braket konvensional sedangkan untuk kawat nikel titanium, kedua jenis braket menunjukkan resistensi korosi yang hampir sama.

2.2.Saliva

2.2.1. Saliva natural

Saliva adalah cairan kompleks yang disekresikan oleh glandula mayor dan glandula minor serta berada dibawah kendali sistem saraf otonom. Glandula mayor pada manusia terdiri dari tiga glandula yaitu glandula parotis, glandula submandibularis, dan glandula sublingual (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Tiga kelenjar utama (Almeida dkk, 2008)



Anatomi dari ketiga glandula pada dasarnya sama, dengan sel-sel inar yang dimilikinya dikelilingi oleh matriks ekstraseluler, sel mioepitel, iofibroblas, sel imun, sel endotelial, sel stroma dan serabut saraf serta

adanya struktur duktal yang dimilikinya dapat memodifikasi saliva pada duktus transpor sebelum disekresikan ke dalam rongga mulut dengan saluran ekskretoris. Tiap glandula mayor masing-masing memiliki duktus sebagai saluran ekskretoris utamanya (Holmberg & Hoffman, 2014).

Glandula parotis merupakan glandula terbesar dari ketiga glandula mayor yang ada. Glandula parotis berada di depan telinga dan di antara ramus dari otot mandibula dan sternokleidomastoid (Holmberg & Hoffman, 2014; Benn & Thomson, 2014). Duktus Stensen merupakan saluran ekskretoris utama yang dimiliki oleh glandula parotis yang melintasi otot masseter dan menembus otot buksinator memasuki rongga mulut pada mukosa bukal dekat molar dua rahang atas (Krishnamurthy dkk, 2015; Holmberg & Hoffman, 2014; Benn & Thomson, 2014).

Glandula submandibularis terletak di sepanjang sisi tulang rahang bawah, pada bagian anterior segitiga digastrik. Glandula submandibularis merupakan glandula kedua terbesar setelah glandula parotis dan memiliki duktus ekskretoris utama yang dikenal dengan duktus Wharton. Duktus Wharton berjalan dari tiap glandula melewati dasar mulut dan terbuka pada bagian bawah anterior dari lidah atau frenulum lidah pada struktur yang disebut dengan *caruncula* sublingual. Glandula ini ditutupi oleh sebuah kapsul yang mengeluarkan sekresi campuran serous dan mukus (Krishnamurthy dkk, 2015; Holmberg & Hoffman, 2014; Benn & Thomson, 2014).

Glandula sublingualis adalah glandula terkecil dari ketiga glandula mayor. Glandula ini dapat ditemukan pada daerah depan bawah lidah tepatnya di atas otot milohioid dan di bawah mukosa dasar mulut. Berbeda dengan glandula submandibular, glandula sublingual tidak ditutupi oleh kapsul dan tersebar di jaringan sekitarnya. Glandula sublingual memiliki banyak saluran kecil yang dikenal dengan duktus Rivinus yang keluar di sepanjang lipatan sublingual. Beberapa saluran yang dimilikinya pada

bagian anterior dapat bergabung membentuk saluran umum yang dikenal dengan duktus Bartholin. Beberapa bagian dari kelenjar ini juga bermuara ke duktus Wharton di *caruncula* sublingual sehingga sekresi dari glandula

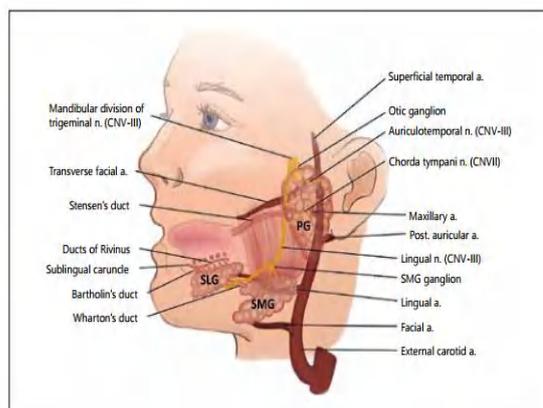


ini terkadang bercampur (Krishnamurthy dkk, 2015; Holmberg & Hoffman, 2014; Benn & Thomson, 2014).

Selain dari ketiga glandula mayor, di dalam rongga mulut juga terdapat banyak sekali glandula minor. Glandula minor ini tersebar di seluruh rongga mulut di daerah mukosa bukal dan labial, glossopalatinal, palatum, dan lidah (Benn & Thomson, 2014; Krishnamurthy, 2015).

Berdasarkan dari sifat histokimia saliva yang disekresikan pada tiap glandula berbeda-beda bergantung pada jenis sel yang mensekresi. Pada glandula parotis saliva bersifat serus artinya saliva yang disekresikan bersifat encer. Glandula sublingual dan glandula minor utamanya mensekresikan saliva yang bersifat mukus yaitu saliva bersifat kental dikarenakan adanya musin dan glikoprotein. Sedangkan, pada glandula submandibular saliva yang disekresikan dapat bersifat seromukus (Benn & Thomson, 2014; Krishnamurthy dkk, 2015) .

Beberapa glandula minor seperti glandula yang berada di daerah glossopalatinal, palatum, dan anterior lidah mensekresikan saliva yang murni bersifat mukus sedangkan glandula minor pada daerah labial, bukal dan posterior lidah mensekresikan saliva seromukus (Benn & Thomson, 2014; Krishnamurthy dkk, 2015).



Gambar 2.2 Anatomi glandula saliva (Holmberg & Hoffman, 2014)

Glandula saliva mayor kaya akan vaskularisasi dan inervasinya. Ketiga glandula mayor ini divaskularisasi oleh arteri karotis eksterna dan cabang-cabangnya seperti yang terlihat pada gambar 2.2. Pada glandula parotis, arteri karotis eksterna dan cabang terminalnya menjadi penyuplai darah



yang dibutuhkan dan melintas sepanjang duktus stensen. Sedangkan pada glandula submandibular dan sublingual suplai darah didapat dari cabang arteri fasial dan lingual. Drainase vena mengarah pada vena jugularis eksterna dari glandula parotis dan menuju vena fasialis dan lingualis dari glandula submandibular dan sublingual. Pembuluh limfatik dari kelenjar parotis berjalan ke arah bagian luar dan dalam pada nodus servikal sedangkan pada glandula submandibular dan sublingual, pembuluh limfatiknya berjalan ke nodus submandibular dan ke dalam nodus servikal. Glandula saliva dikendalikan oleh sistem saraf otonom dengan diinervasi oleh baik serabut saraf simpatik maupun parasimpatik. Pada tabel 2.2. memperlihatkan saraf wajah (VII) dan glossofaringeal (IX) yang mempersarafi glandula saliva (Benn & Thomson, 2014; Holmberg & Hoffman, 2014).

Tabel 2.2. Nervus parasimpatik yang mempersarafi glandula saliva (Benn & Thomson, 2014)

Glandula	Nervus Kranial	Cabang
Parotid	Glossofaringeal (IX)	Saraf petrosus Ganglion otik
Submandibular	Fasial (VII)	Korda timpani
Sublingual	Fasial (VII)	Lingual dan ganglion submandibular
Glandula minor pada bibir bawah dan vestibulum bagian bawah	Glossofaringeal (IX)	n. Inferior alveolar dan n.buccal
Glandula minor pada palate, bibir atas, dan vestibulum bagian atas	Fasial (VII)	Saraf petrosus yang lebih besar, n. saluran pterigoid dan ganglion pterigopalatina



Saliva yang disekresikan di dalam rongga mulut dapat berupa saliva yang distimulasi maupun yang tidak distimulasi. sekresi aliran saliva yang

normal baik yang terstimulasi maupun tidak masih menjadi bahan perdebatan dan terdapat variasi nilai normal aliran saliva dari literatur yang telah dilaporkan berkisar dari 0,1 ml/menit hingga 0,4 ml/menit untuk aliran saliva yang tidak terstimulasi dan 0,2 ml/menit hingga 1,7 ml/menit untuk aliran saliva yang terstimulasi (Benn & Thomson, 2014). Namun, secara umum total sekresi saliva seseorang dalam sehari berada dalam rentang 600ml-1500ml dengan kontribusi glandula parotis sebesar 20-25% dan akan mengalami peningkatan ketika terdapat stimulasi menjadi 50-70%. Sedangkan kontribusi glandula submandibular dan sublingual sebesar 60-65% dan 7-8%. Sementara pada glandula saliva minor memberi kontribusi kurang dari 10%. (Amelda dkk, 2008; Krishnamurthy dkk, 2015; Preetha & Banerjee, 2005; Benn & Thomson, 2014). Saliva di dalam rongga mulut memiliki tingkatan pH yang bervariasi dari 5,2-7,8 dengan pH normal berada dalam rentan 6-7 (Gajapurada dkk, 2016; Benn & Thomson, 2014).

2.2.1.1. Komposisi Saliva

Saliva merupakan larutan hipotonik yang mengandung 99% air, berbagai ion elektrolit (sodium, potasium, kalsium, klorida, magnesium, bikarbonat, fosfat, fluorida dan tiosianat), protein yang diwakili oleh enzim, glikoprotein, imunoglobulin (IgG, IgM, IgA), faktor antimikroba, komponen organik (glukosa, asam amino, urea, asam urat dan molekul lipid). Beberapa komponen lain yang juga hadir adalah adanya faktor pertumbuhan epidermis, sel epitel, insulin, protein pengikat, dan albumin serum. Komponen-komponen yang ditemukan dalam saliva saling berinteraksi dan bertanggung jawab terhadap berbagai fungsi dari saliva (Almeida dkk, 2008; Krishnamurthy dkk, 2015; Preetha & Banerjee, 2005).



Tabel 2.3. Tipe sekresi dan komponennya pada tiap glandula saliva (Benn & Thomson, 2014)

Glandula	Tipe Sekresi	Komponen
Parotid	Serous	Amilase Prolinyang kaya protein Aglutinin Cistatin Lisosim Ekstra parotid glikoprotein Na,Ca,Cl,PO ₄ ,K IgA
Sublingual	Mucus	Mucin MG2 MG3 Lisosim Na,Ca,Cl,PO ₄ Amilase IgA
Submandibular	Campuran	Cistatin Na, K,Ca,Cl,PO ₄ Amilase IgA Mucin MG1
Palatina	Mucus	Amilase Na,K,Ca,Cl,PO ₄ Cistatin IgA

Pada pasien pengguna alat ortodontik cekat, dalam salivanya dapat ditemukan ion logam berupa kromium. Berbagai penelitian telah membuktikan kondisi ini, seperti halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Kocadereli dkk (2000) yang menemukan variasi konsentrasi kromium antara 0,29 hingga 8,0 µg/mL setelah periode 1 minggu, 1 bulan, dan 2 bulan dalam saliva pada pengguna alat ortodontik cekat.



2.2.2.2.Fungsi Saliva

a. Lubrikasi

Saliva memiliki beberapa fungsi salah satunya ialah lubrikasi yang memudahkan dalam proses berbicara, mengunyah, dan menelan dan juga sebagai pelindung untuk jaringan disekitarnya. (Almeida dkk, 2008; Preetha & Banerjee, 2005).

b. Pembersih

Aliran dari saliva secara mekanis menjadi pembersih dari sisa-sisa makanan yang ada sehingga dapat membatasi sumber makanan bagi mikroorganisme di dalam rongga mulut (Almeida dkk, 2008).

c. Integritas enamel gigi

Kandungan kalsium, fosfat, fluorida, pH, dan aliran saliva berperan penting dalam proses remineralisasi dan demineralisasi untuk dapat tetap menjaga integritas enamel gigi (Almeida dkk, 2008).

d. Pencernaan

Saliva memiliki peran penting dalam proses pencernaan. Kandungan enzim-enzim yang terdapat dalam saliva mempermudah dalam proses pencernaan (Almeida dkk, 2008; Preetha & Banerjee, 2005).

e. Sistem Penyangga

Saliva memiliki peran sebagai sistem penyangga yang membantu mempertahankan pH rongga mulut berada dalam rentan normal dengan adanya sistem karbonat-bikarbonat pada saliva yang terstimulasi serta sistem penyangga fosfat pada saliva yang tidak tersitimulasi (Almeida dkk, 2008; Preetha & Banerjee, 2005).

f. Anti bakteri

Sejumlah besar protein dan peptida yang dimiliki oleh saliva bertindak sebagai anti bakteri, anti virus, dan anti fungi. Akan tetapi komponen ini hanya sebatas sebagai pengontrol bagi



mikroflora oral tetap normal dalam rongga mulut. (Dawes dkk, 2015; Benn & Thomson, 2014).

g. Perasa

Saliva menjadi media yang menghantarkan zat rasa kepada reseptor rasa tertentu pada kuncup kecap (Almeida dkk, 2008; Dawes dkk, 2015).

Tabel 2.4. Fungsi saliva (Benn & Thomson, 2014)

Fungsi	Deskripsi	Komponen
Lubrikasi	Lapisan, Melindungi terhadap iritasi kimia, termal, dan mekanik. Membantu dalam penelanan dan berbicara	Glikoprotein musin
Pembersih	Membersihkan sisa makanan, mempertahankan kelembaman dalam membantu proses penelanan	
Cadanga ion	Berperan dalam demineralisasi dan remineralisasi gigi	Kalsium fosfat, proline-kaya protein
Penyangga	Mengatur pH dari biofilm dan kapasitas penyangga pada saliva	Bikarbonat fosfat, urea
Aksi antibakteri	Agen immunologi dan non-immunologi membantu dalam mengontro mikroflora rongga mulut	IgA, IgG, IgM, musin, peptide dan enzim (laktoferin, lisosim, peroksida)
Pembentukan pelikel	Protein membentuk lapisan pelindung pada gigi	Protein makromolekul, histatin, cistatin, proline-kaya protein, MGI
Pencernaan	Enzim dalam saliva membantu merombak pati dan lemak	A-amilase
Perasa	Aksi larutan dan sifat hipotonik dari saliva meningkatkan kapasitas perasa dengan melakukan interaksi antara nutrient dan kuncup kecap	Protein, zinc



2.2.2. Saliva Artifisial

Saliva artifisial merupakan saliva pengganti yang memiliki fungsi mukoadhesif, lubrikasi, penyangga dan sebagai pelindung dari saliva natural, oleh karena itu saliva artifisial harus dibuat semirip mungkin dengan yang asli, akan tetapi tidak digunakan sebagai pengganti aksi enzimatis dan pencernaan (Ardhy dkk, 2015; Preetha & Banerjee, 2005). Penggunaan saliva artifisial juga membantu pada penelitian *in vitro* yang telah banyak dilakukan terkhusus pada penelitian mengenai korosi yang terjadi dalam rongga mulut. Kandungan klorida yang dimiliki saliva artifisial serta terbentuknya ion H^+ dapat memicu terjadinya reaksi kimia yang mengawali proses korosi (Ardhy dkk, 2015). Seperti yang dilakukan oleh Gajapurada dkk (2016) yang ingin melihat pelepasan ion logam dari braket ortodontik pada tiga macam obat kumur dan saliva artifisial. Setelah perendaman braket pada tiap larutan selama 45 hari didapatkan adanya pelepasan ion kromium dari braket ortodontik dikarenakan keberadaan dari kandungan klorida yang dimiliki oleh saliva artifisial. Fatimah dkk (2013) juga dalam penelitiannya memanfaatkan saliva buatan untuk melihat pelepasan ion logam pada braket dan memperlihatkan adanya hasil pelepasan ion logam yang signifikan dalam perendaman saliva artifisial pada pH 5 dan pH 6,7 dikarenakan konsentrasi H^+ yang dimilikinya.

2.3. Korosi dan Pelepasan Ion Kromium

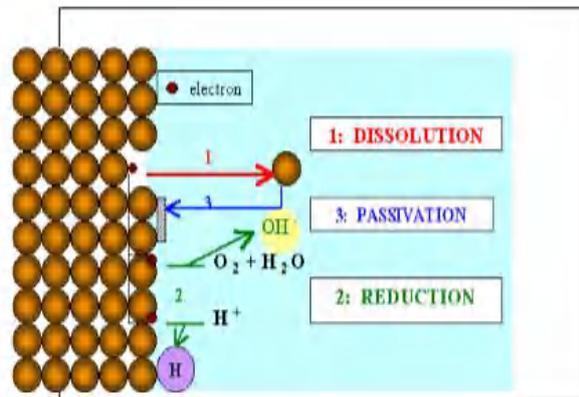
2.3.1. Korosi

Korosi berasal dari bahasa latin yaitu *corrodere* yang berarti merusak logam atau berkaratnya logam akibat lingkungan (Trethwwey dkk., *cit.* Devi, 2010). Korosi secara umum merupakan suatu kejadian lepasnya ion dan unsur logam karena adanya suatu reaksi kimia (Fatimah dkk, 2013). Logam yang mengalami proses korosi akan mengakibatkan terjadinya perubahan karakteristik struktural sehingga dapat menurunkan kualitas dari logam (Philips, *cit.* Rasyid dkk, 2014).

Fenomena kimia yang terjadi pada proses korosi tidak lain merupakan hasil interaksi dari unsur-unsur pada permukaan logam dan



lingkungan sekitarnya yang terkhusus mengandung air dan oksigen (Gambar 2. 3). Pada saat proses korosi terjadi, logam akan menjadi anoda ketika berkontak dengan ion-ion hidrogen, yang mengakibatkan terjadinya reaksi oksidasi (Devi, 2010; Rosdayanti dkk, 2018).



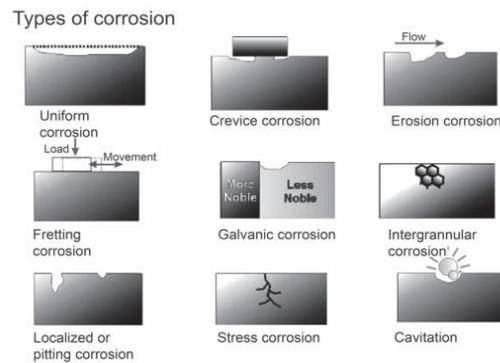
Gambar 2.3 Proses korosi logam (Trethewey, *cit.* Devi, 2010)

Dalam rongga mulut korosi dapat terjadi dikarenakan kandungan klorida dalam saliva. Klorida merupakan golongan asam kuat yang mempunyai kemampuan untuk merusak lapisan oksida pada permukaan logam. Rusaknya lapisan oksida pada logam akan membentuk celah kecil sehingga ion klorida akan dapat merusak lapisan yang lebih dalam. Ketika proses ini dimulai, reaksi hidrolisis ion logam dari reaksi anodik mengakibatkan turunnya pH sehingga menghambat perbaikan lapisan film dan mempercepat serangan korosi (Rosdayanti dkk, 2018).

2.3.1.1. Tipe Korosi

Gambaran yang menentukan bagaimana dan mengapa logam mengalami korosi adalah adanya reaksi kimia berupa reaksi oksidasi dan reduksi serta pasivasi atau pembentukan film pasif oksida logam pada permukaan logam. Terdapat berbagai tipe korosi yang dapat dilihat pada gambar 2.4 (Barret dkk, 1993).





Gambar 2.4 Gambaran berbagai bentuk degradasi material (Chaturvedi & Upadhyay, 2010)

1) Korosi seragam

Korosi tipe ini merupakan korosi yang umum terjadi dengan proses korosi yang terjadi berasal dari interaksi logam dengan lingkungannya yang merupakan reaksi redoks (Chaturvedi & Upadhyay, 2010; Santander & Ossa, 2015).

2) Korosi *pitting*

Korosi *pitting* merupakan bentuk korosi ekstrim yang membentuk pit dan terlokalisir. Korosi dengan tipe ini biasanya terjadi pada logam dasar yang terlindungi oleh lapisan tipis oksida yang terbentuk secara alami. Kondisi ini telah teridentifikasi pada braket dan *archwire* (Liu dkk., *cit.* Chaturvedi & Upadhyay, 2010).

3) Korosi *crevice*

Korosi *crevice* terjadi diantara dua permukaan yang berdekatan atau pada area sempit yang tidak dapat terjadi pertukaran oksigen. Penurunan pH dan peningkatan konsentrasi klorida memainkan peran penting yang memulai propagasi fenomena korosi ini (Chaturvedi & Upadhyay, 2010).

4) Korosi-erosi dan *fretting*

Erosi-korosi merupakan serangan pada material dikarenakan adanya pergerakan relatif antara cairan korosif dan permukaan material. Kombinasi dari cairan korosif dan kecepatan aliran yang tinggi menjadi penyebab terjadinya erosi-korosi (Chaturvedi & Upadhyay, 2010).



Korosi *fretting* merupakan jenis dari erosi-korosi yang bertanggung jawab terhadap hampir semua pelepasan ion logam ke jaringan (Chaturvedi & Upadhyay, 2010; Santander & Ossa, 2015).

5) Korosi intergranular

Stainless steel sangat rentan dengan tipe korosi ini dan biasanya terjadi pada saat proses *brazing* dan *welding* (Santander & Ossa, 2015).

6) Korosi Galvanik

Korosi galvanik terjadi karena adanya galvanik *coupling* yang timbul akibat adanya dua logam yang berbeda dan ditempatkan bersama-sama dalam larutan elektrolit (Chaturvedi & Upadhyay, 2010; Santander & Ossa, 2015; Vuuren dkk, 2008).

7) Korosi *stress*

Kehadiran simultan dari tegangan siklik dan diperparah dengan kondisi lingkungan yang korosif serta dalam waktu yang lama menjadi penyebab terjadinya korosi *stress* atau *fatigue* (Chaturvedi & Upadhyay, 2010; Santander & Ossa, 2015).

8) Korosi mikroba

Mikroorganisme dan produknya dapat mempengaruhi proses logam melalui dua cara. Pertama, beberapa spesies dari mikroorganisme menyerap dan me-metabolisme metal dari aloi yang memicu terjadinya korosi. Kedua, mikroorganisme dapat merubah kondisi sekitarnya dengan mempengaruhi derajat keasaman (pH) lingkungan, yang memudahkan untuk terjadinya korosi (House dkk, 2008).

2.3.1.2. Faktor yang mempengaruhi terjadinya korosi

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya korosi diantaranya adalah pertama, berasal dari logamnya sendiri yaitu berupa komposisi, metode pembuatan, dan kekasaran permukaan. Kedua, berasal dari lingkungan yaitu suhu, waktu, derajat keasaman (pH) (Fatimah dkk, 2013; Rosdayanti dkk, 2018; Rasyid dkk, 2014; Devi, 2010).



Secara umum, logam memiliki berbagai komposisi dengan fungsinya masing-masing, salah satunya adalah ion kromium yang berfungsi untuk menghambat terjadinya korosi (Park dan Shearer, 1983; Rasyid dkk, 2014).

Derajat keasaman juga dapat mempengaruhi terjadinya proses korosi dikarenakan pH menunjukkan konsentrasi ion H^+ pada lingkungan dan menghasilkan pelepasan elektron oleh logam pada reaksi anodik (Devi, 2010). Callister (2012) menyatakan bahwa pada larutan asam memiliki sifat yang lebih korosif dibandingkan dengan larutan pH netral. Semakin asam sebuah larutan maka semakin besar konsentrasi ion H^+ dalam larutan yang dapat mengoksidasi logam dan memulai terjadinya korosi. Sejalan dengan penelitian Wasono dkk (2016) yang menunjukkan adanya pelepasan ion Ni dan Cr pada masing-masing kelompok braket yang direndam dalam larutan isotonik karena adanya kandungan asam sitrat yang mempunyai ion H^+ cukup tinggi.

Kenaikan suhu berbanding lurus dengan kenaikan konstanta laju korosi. Pada suhu normal yaitu $37^{\circ}C$ tidak terjadi ikatan antara ion hidrogen dengan ion logam pada kawat. Sementara pada suhu tinggi terjadi difusi oksigen yang tinggi dalam larutan sehingga mendorong terjadinya reaksi oksida pada logam atau mengubah lingkungan sekitarnya untuk lebih mudah mengoksidasi logam dengan kata lain suhu dapat mempengaruhi laju korosi (Rosdayanti dkk, 2018; Devi, 2010). Trepanier dan Pelton (2005) dalam penelitiannya dengan mengontrol suhu larutan Hank pada $10^{\circ}C$, $20^{\circ}C$, $37^{\circ}C$, $50^{\circ}C$, $60^{\circ}C$, $70^{\circ}C$ dan $80^{\circ}C$ memperlihatkan nitinol dan *stainless steel* mengalami penurunan kemampuan untuk melakukan repasivasi setelah potensi kerusakan dan lebih rentan mengalami korosi *crevice*. Penelitian lain yang dilakukan oleh Sidiq dkk (2016) dengan pemberian variasi temperatur $700^{\circ}C$, $750^{\circ}C$, dan $800^{\circ}C$ yang kemudian dilakukan pendinginan lambat menggunakan media udara memperlihatkan adanya perubahan laju korosi akibat perlakuan panas yang diberikan pada material.



Waktu menjadi salah satu faktor terjadinya korosi. Hal ini dikarenakan untuk terjadinya proses korosi diperlukan juga waktu. Semakin lama bahan logam terpapar dengan lingkungan yang korosif maka akan semakin mempengaruhi tingkat laju korosi (Rosdayanti dkk, 2018). Beberapa penelitian seperti yang dilakukan oleh Rasyid dkk (2014) dengan melakukan perendaman kawat *stainless steel* pada 5 ml saliva artivisial dengan rentan waktu selama 1, 7, 28, 35, 42, dan 49 hari menunjukkan adanya perbedaan pelepasan ion nikel yang signifikan antara lama perendaman 7 hari dibanding 28 hari, 35 hari, 42 hari dan 49 hari. Penelitian yang dilakukan oleh Dwivedi dkk (2015) juga memperlihatkan adanya pengaruh waktu terhadap kejadian korosi. Penelitian yang dilakukan secara *in vivo* dengan pengambilan saliva pada pengguna alat ortodontik cekat sebelum pemakaian serta seminggu dan sebulan setelah pemakaian memperlihatkan pengaruh laju korosi dengan variasi konsentrasi pelepasan ion logam dan menunjukkan kadar ion kromium pada saliva secara signifikan lebih tinggi pada 1 bulan setelah pemakaian.

2.3.2. Pelepasan ion logam pada braket

Sekarang ini, braket dengan bahan *stainless steel* masih lebih sering dipilih dikarenakan keuntungannya yaitu harga murah, kekuatan tinggi, modulus elastisitas yang tinggi dan yang terutama adalah resistensi korosi yang tinggi. Akan tetapi, penggunaan braket dalam perawatan ortodontik mengharuskan braket berada dalam rongga mulut yang merupakan lingkungan ideal untuk terjadinya korosi (Keun-Taek Oh, 2005; Bonde dkk, 2016).

Dalam rongga mulut terdapat berbagai faktor yang dapat mempengaruhi laju korosi dari braket seperti temperatur, jumlah dan kualitas saliva, plak, pH, protein, sifat fisis dan kimiawi makanan dan minuman, serta kondisi kesehatan dari umum dan rongga mulut itu sendiri (Gursoy dkk, 2005; Sianita & Iswari, 2011; Keun-Taek Oh, 2005).



Proses korosi yang terjadi akan diikuti dengan pelepasan dari unsur logam salah satunya adalah ion kromium (Bonde dkk, 2016; Siwy dkk, 2015; Fatimah dkk, 2013). Sebagai tambahan, braket yang mengalami tekanan ortodontik akan meningkatkan jumlah ion kromium yang dilepaskan (Keun-Taek Oh, 2005). Hal ini dikarenakan korosi yang terjadi dalam rongga mulut menjalani reaksi kimia, mekanik, termis, mikrobiologi, dan perubahan enzimatik (Barret dkk, 1993).

Ion logam yang terlepas dari braket *stainless steel* mencoba membentuk senyawa yang lebih stabil di lingkungannya (Brantley & Eliades, 2001). Reaksi elektrokimia memainkan peran penting terhadap terlepasnya ion logam dari braket ke dalam rongga mulut, dengan aloi yang ketahanannya lebih rendah terhadap korosi akan bertindak sebagai anoda dan akan larut ke dalam media elektrolit yang mengandung ion H^+ sebagai katoda (Mirhashemi dkk, 2018; Ardhy dkk, 2015).

Terlepasnya ion logam dari braket dapat memberikan dampak negatif pada tubuh berupa reaksi alergi, nyeri bahkan dapat menyebabkan sitotoksik, mutagenesis dan karsinogenesis (Mirhashemi dkk, 2018; Bonde dkk, 2016). Reaksi alergi yang terjadi biasanya merupakan tipe IV yang memediasi hipersensitivitas yang juga disebut dengan dermatitis kontak. Kondisi ini dimediasi oleh sel-T dan monosit atau makrofag (Maheswari dkk, 2015). Tanda atau gejala klinis yang dapat terlihat dapat berupa edema, gingivitis, dan stomatitis (Chatuverdi & Upadhyay, 2010).

