



**PENINGKATAN PELEPASAN ION Fe (*ferrum*) PADA KAWAT
STAINLESS STEEL ORTODONTI YANG DIRENDAM
DALAM MINUMAN BERKARBONASI**

SKRIPSI

Oleh:

**Purwa Cahya Nugraha Rubiarta
NIM 141610101060**

**BAGIAN ORTODONSIA
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**PENINGKATAN PELEPASAN ION Fe (*ferrum*) PADA KAWAT
STAINLESS STEEL ORTODONTI YANG DIRENDAM
DALAM MINUMAN BERKARBONASI**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk meraih
Gelas Sarjana Kedokteran Gigi (S1) pada Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember

Oleh:

**Purwa Cahya Nugraha Rubiarta
NIM 141610101060**

**BAGIAN ORTODONSIA
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT atas matahari yang masih Engkau tampilkan hari ini, nafas kami yang masih Engkau panjangkan dan karunia yang tiada henti Engkau berikan;
2. Rasulullah Nabi Muhammad SAW, Engkau berhati selalu suci, suri tauladan kami dan pencerah dunia ini hingga akhirat nanti;
3. Kedua orang tuaku, Mama Hartati dan Papa Purwadi yang tercinta;
4. Adikku satu-satunya Nur Muhammad Rubiansyah yang tersayang;
5. Muhammad Yuda Pratama yang terkasih;
6. Dosen-dosen dan pegawai-pegawai Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang membimbing dan mendidikku selama menempuh pendidikan dokter gigi;
7. Agama, bangsa dan Negara serta almamater Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

MOTO

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri dan jika kamu berbuat jahat, maka (kerugian kejahatan) itu untuk dirimu sendiri...”

(QS. Al-Isra/ 17 : 7)*

“... Apakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui?...”

(QS. Az-Zummar/ 39 : 9)*

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”

(QS. Asy-Syarh/ 94 : 5-6)**

*) Yayasan Nurul Hayat. 2010. Al Qur'an Mushaf Keluarga Sejuk Nurul Hayat. Terjemahan, Tajwid dan Tafsir Per Kata. Surabaya: Yayasan Nurul hayat.

***) Kementerian Agama Republik Indonesia. 2012. ALJAMIL Al Qur'an Tajwid Warna, terjemah per kata, terjemah Inggris. Bekasi: Penerbit Cipta Bagus Segara.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Purwa Cahya Nugraha Rubiarta

NIM : 141610101060

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Peningkatan Pelepasan Ion Fe (*ferrum*) Pada Kawat *Stainless Steel* Ortodonti Yang Direndam Dlama Minuman Berkarbonasi” adalah benar- benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya plagiasi. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai sikap ilmiah yang dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Januari 2018

Yang Menyatakan,

Purwa Cahya Nugraha Rubiarta

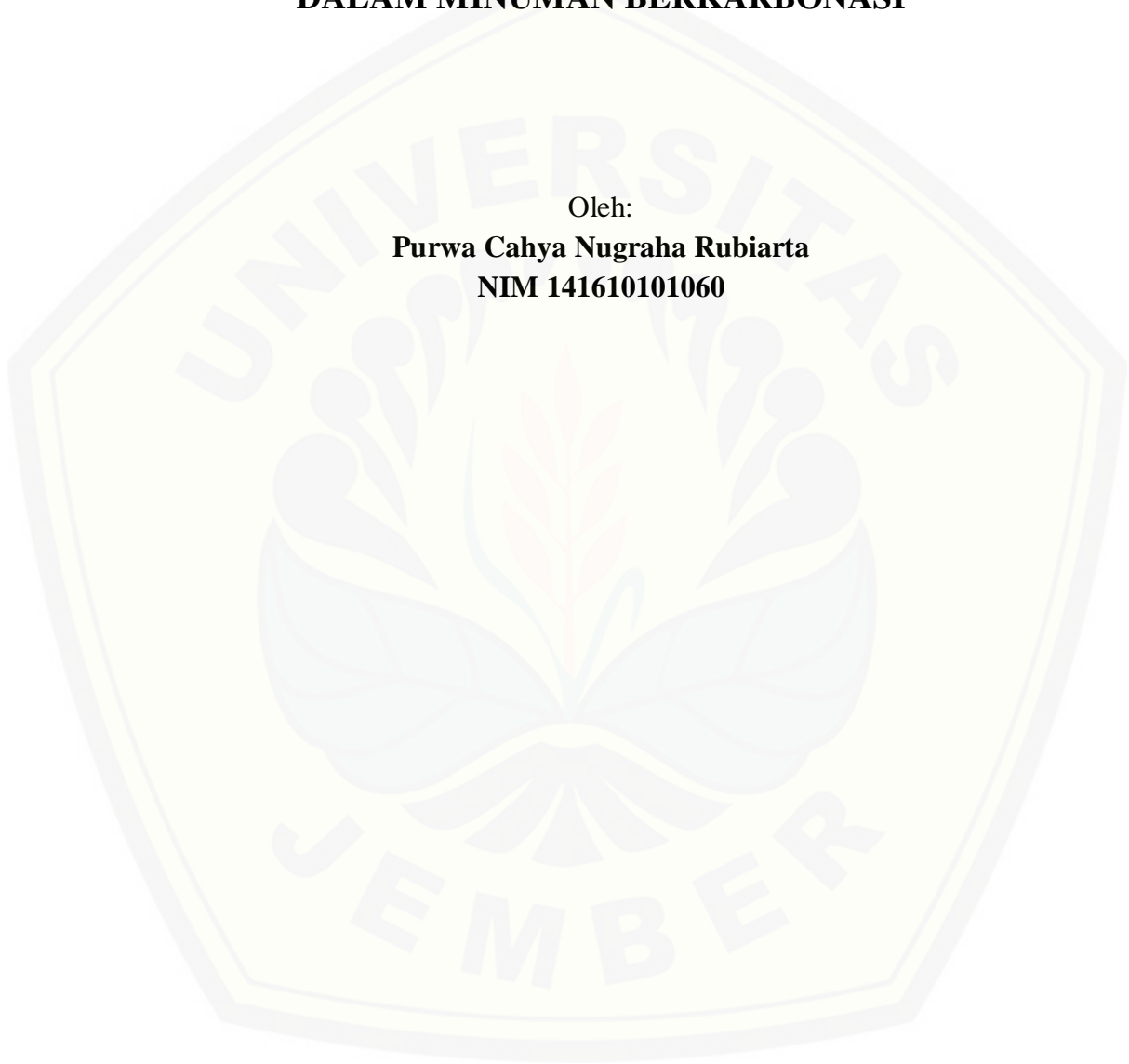
NIM 14610101060

SKRIPSI

**PENINGKATAN PELEPASAN ION Fe (*ferrum*) PADA KAWAT
STAINLESS STEEL ORTODONTI YANG DIRENDAM
DALAM MINUMAN BERKARBONASI**

Oleh:

Purwa Cahya Nugraha Rubiarta
NIM 141610101060



Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : drg. Leliana Sandra Devi A.P, Sp. Ort

Dosen Pembimbing Pedamping : drg. Chandra Ardidarma, Sp. Ort

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Peningkatan Pelepasan Ion Fe (*ferrum*) Pada Kawat *Stainless Steel* Ortodonti Yang Direndam Dalam Minuman Berkarbonasi” telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Selasa, 29 Januari 2018

tempat : Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

Penguji Ketua,

Penguji Anggota,

Dr. drg. Herniyati, M.Kes
NIP. 195909061985032001

drg. Dessy Rachmawati, M.Kes, Ph.D
NIP. 197612232005012001

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

drg. Leliana Sandra Devi A.P, Sp. Ort.
NIP. 197208242001122001

drg. Chandra Ardidarma, Sp. Ort.
NRP. 760014666

Mengesahkan
Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember

drg. R. Rahardyan Parnaadji, M. Kes., Sp. Prost
NIP. 196901121996011001

RINGKASAN

Peningkatan Pelepasan Ion Fe (*ferrum*) Pada Kawat *Stainless Steel* Ortodonti Yang Direndam Dalam Minuman Berkarbonasi; Purwa Cahya Nugraha Rubiarta, 141610101060; 2018; 71 halaman; Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Maloklusi merupakan masalah bagi kesehatan gigi dan mulut. Perawatan maloklusi dapat menggunakan piranti lepasan, fungsional dan cekat. Kawat ortodonti merupakan salah satu komponen penting karena berfungsi untuk memberikan pergerakan gigi. Kawat *stainless steel* ortodonti mempunyai konstituen utama yaitu Fe, ion Fe jika dipengaruhi pH yang rendah serta adanya CO₂ agresif dapat menyebabkan logam besi terlepas. Waktu yang relatif lama dalam perawatan ortodonti memicu terjadinya pelepasan ion logam. Selama perawatan, kawat akan berkontak dengan saliva dan jaringan rongga mulut.

Potensi pelepasan ion logam akan semakin meningkat karena konsumsi minuman berkarbonasi. Pelepasan ion logam terutama ion Fe akan menurunkan sifat dari material piranti ortodonti yang berdampak pada performa kawat ortodonti. Maka, pelepasan ion Fe berdampak negatif pada kekuatan dan fleksibilitas kawat tersebut. Pelepasan ion logam terjadi karena sifat asam karena adanya kandungan asam karbonat (H₂CO₃) tersebut ditambah dengan adanya kandungan asam buatan serta perasa dalam minuman berkarbonasi akan bereaksi dengan logam pada kawat sehingga akan berkonjugasi atau membentuk suatu molekul baru. Ion hidrogen pada asam karbonat tersebut akan berikatan dengan ion logam, menghasilkan suatu endapan logam solid.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya peningkatan pelepasan ion Fe pada kawat *stainless steel* ortodonti yang direndam dalam minuman berkarbonasi. Jenis penelitian ialah eksperimental laboratoris dengan rancang *pre test and post test with control group design*. Sampel kawat *stainless steel* ortodonti berjumlah 12 dibagi menjadi 3 kelompok, 2 kelompok kontrol (kontrol negatif dan kontrol positif) dan 1 kelompok perlakuan. Kawat *stainless steel*

ortodonti direndam dalam saliva buatan, air mineral dan saliva buatan yang ditambah dengan minuman berkarbonasi selama 4 jam dalam inkubator 37°C. Hasil rendaman (larutan) diuji dengan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) untuk menghitung jumlah pelepasan ion Fe dan sampel (kawat) dipotong dan diuji dengan menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* (XRF).

Hasil penelitian menunjukkan rerata pelepasan ion Ni pada kelompok kontrol negatif sebesar 3,65 ppm, pada kelompok kontrol positif sebesar 3,06 ppm dan pada kelompok perlakuan sebesar 5,21 ppm. Data jumlah pelepasan ion Nikel kemudian di analisis dan menunjukkan data berdistribusi normal dan homogen. Kemudian data di uji parametrik *One-Way Anova* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan ($p < 0,05$) antar ketiga kelompok. Selanjutnya dilakukan uji lanjutan menggunakan *Least Significance Different* (LSD) menunjukkan bahwa kelompok kontrol negatif dengan kelompok perlakuan dan kelompok kontrol positif dengan kelompok perlakuan memiliki perbedaan yang signifikan. Sedangkan pada kedua kelompok kontrol menunjukkan hasil yang tidak signifikan.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah terdapat pelepasan ion Fe pada kawat *stainless steel* ortodonti yang direndam dalam saliva buatan, air mineral dan saliva buatan ditambah dengan minuman berkarbonasi. Terjadi peningkatan pelepasan ion Fe pada kawat ortodonti *stainless steel* yang direndam dalam saliva buatan ditambah minuman berkarbonasi jika dibandingkan dengan perendaman dalam saliva buatan serta air mineral. Dan saliva mengandung komponen anorganik dan organik sehingga dapat mengakibatkan terjadinya reaksi kimia serta pelepasan ion logam.

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan taufik dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Peningkatan Pelepasan Ion Fe (*ferrum*) Pada Kawat *Stainless Steel* Ortodonti Yang Direndam Dalam Minuman Berkarbonasi”. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sebagai sumber inspirasi dan panutan umat manusia dalam menjalani kehidupan. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa penulisan ini tidak terlepas dari adanya bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. drg. R. Rahardyan Parnaadji, M. Kes., Sp. Prost, selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember;
2. drg. Leliana Sandra Devi Ade Putri, Sp. Ort, selaku Dosen Pembimbing Utama dan drg. Chandra Ardidarma, Sp. Ort, selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah membagikan ilmu, waktu dan pengalamannya dalam proses penyelesaian skripsi penulis;
3. Dr. drg. Herniyati, M.Kes, selaku Dosen Penguji Ketua dan drg. Dessy Rachmawati, M.Kes, Ph. D, selaku Dosen Penguji Anggota yang telah bersedia menguji dan memberikan saran pada skripsi penulis;
4. drg. Nuzulul Hikmah, M.Biomed, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing, dan membantu penulis selama menjadi mahasiswa;
5. Mama tercintaku Hartati, S.ST dan Papaku tersayang Purwadi, S.Pd, terima kasih atas segala kasih sayang, dukungan moril dan materil, nasihat, pertanyaan-pertanyaan tentang perkembangan skripsiku, serta untaian doa yang selalu mengiringi langkahku untuk mencapai keberhasilan;

6. Adikku satu-satunya Nur Muhammad Rubiansyah tersayang yang senantiasa memberiku kasih sayang dan semangat, serta keluarga besarku yang telah memberikan segala doa dan dukungannya;
7. Muhammad Yuda Pratama, S.T, terima kasih atas semangat, perhatian, dukungan, rasa sayang dan waktu yang diluangkan serta do'a hingga terselesaikannya skripsi ini;
8. Teman-teman satu kos Wisma Annisa: Iga dan Luly. Kelompok Tutorial 6: Najla, Indah, Aisha, Bangun, Zakiyya, Heni, AHB, Nadhir, Cityul dan Grace. Keluarga robot edo: Iffa dan Lely. Dokter Devi SkripSweet: Anindhita dan Arimbi. Keluarga kedua KKN 83. terima kasih atas semangat dan dukungan yang terus diberikan;
9. Teman-teman FKG UNEJ Angkatan 2014 yang tetap LECI “Lengkap dan Ciamik”. Terima kasih untuk kekompakan, kebersamaan yang harus terus terjalin hingga kapanpun;
10. Pihak pengelola Laboratorium Mikro Biologi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember dan Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang, terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya selama penelitian skripsi ini;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang terkait dengan hasil penelitian dari penelitian skripsi ini.

Jember, 29 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN.....	vii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR SINGKATAN.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Perawatan Ortodonti.....	4
2.1.1 Definisi Perawatan Ortodonti.....	4
2.1.2 Macam-Macam Piranti Ortodonti.....	4
2.2 Kawat Ortodonti.....	5
2.2.1 Karakteristik Kawat Ortodonti.....	5
2.2.2 Bahan Kawat Ortodonti.....	6
2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Jenis Kawat Ortodonti.....	6
2.3 Kawat Ortodonti <i>Stainless Steel</i>.....	7
2.3.1 Jenis Kawat <i>Stainless Steel</i>	7
2.3.2 Sifat Unsur Senyawa Kawat <i>Stainless Steel</i> Ortodonti....	8
2.4 Saliva dan Saliva Buatan	9
2.5 Air Mineral.....	10
2.6 Minuman Berkarbonasi.....	10
2.6.1 Prevalensi Pengkonsumsian Minuman Berkarbonasi.....	11
2.6.2 Komposisi Minuman Berkarbonasi.....	12
2.6.3 Efek Minuman berkarbonasi.....	13
2.7 Proses Pelepasan Ion Logam	15

2.8	Alat Uji.....	17
2.8.1	<i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	17
2.8.2	Prinsip Kerja <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	17
2.8.3	Instrumentasi <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	18
2.8.4	<i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	18
2.8.5	Prinsip Kerja Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS).....	18
2.8.6	Instrumentasi <i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	19
2.9	Kerangka Konsep.....	20
2.10	Hipotesis.....	20
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1	Jenis Penelitian.....	21
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.2.1	Tempat Penelitian	21
3.2.2	Waktu Penelitian.....	21
3.3	Sampel Penelitian.....	21
3.3.1	Sampel Penelitian.....	21
3.3.2	Pengelompokan Sampel.....	22
3.3.3	Besar Sampel.....	22
3.4	Variabel Penelitian.....	22
3.4.1	Variabel Bebas.....	22
3.4.2	Variabel Terikat.....	22
3.4.3	Variabel Terkendali.....	22
3.5	Definisi Operasional.....	23
3.5.1	Kawat Stainless Steel Ortodonti.....	23
3.5.2	Saliva Buatan.....	23
3.5.3	Air Mineral.....	23
3.5.4	Minuman berkarbonasi.....	23
3.5.5	Pelepasan Ion Fe.....	23
3.6	Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.6.1	Alat Penelitian.....	24
3.6.2	Bahan Penelitian.....	24
3.7	Prosedur Penelitian.....	25
3.7.1	Persiapan Spesimen.....	25
3.7.2	Uji Kemurnian Sampel.....	25
3.7.3	Persiapan Larutan.....	26
3.7.4	Perendaman Sampel.....	26
3.7.5	Pelaksanaan Penelitian.....	26
3.7.6	Pengujian Analisis Pelepasan Ion Fe.....	27

3.8 Analisis Data.....	29
3.9 Alur Penelitian.....	30
BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Hasil Penelitian.....	31
4.2 Analisis Data.....	34
4.3 Pembahasan.....	35
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN.....	47



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Karakteristik kawat ortodonti.....	5
2.2 Kawat ortodonti berdasarkan bahan pembentuknya.....	6
2.3 Kelebihan dan kekurangan kawat ortodonti.....	6
2.4 <i>Stainless steel</i> berdasarkan mikrostruktur <i>alloy</i>	8
2.5 pH minuman bersoda.....	11
4.1 Hasil uji kadar ion logam pada sampel sebelum perlakuan.....	31
4.2 Hasil uji jumlah ion Fe yang terlepas pada larutan perendaman menggunakan alat <i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	31
4.3 Hasil uji kadar ion Fe yang terdapat pada kawat <i>stainless steel</i> ortodonti setelah perlakuan.....	32
4.4 Hasil uji normalitas <i>Kolmogorov-Smirnov Test</i>	34
4.5 Hasil uji homogenitas <i>Levene Test</i>	34
4.6 Hasil uji <i>One-Way Anova</i>	34
4.7 Hasil uji <i>Least Significance Different (LSD)</i>	35

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Grafik konsumsi minuman ringan tertinggi.....	12
2.2 Proses pelepasan ion logam.....	15
2.3 Proses pembentukan produk korosi.....	16
2.4 Prinsip kerja <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	17
2.5 Bagan kerangka konsep.....	20
3.1 Gambar ilustrasi.....	25
3.2 Gambar ilustrasi pemotongan sampel uji dengan alat <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	25
3.3 Diagram alur penelitian.....	30
4.1 Diagram batang jumlah ion Fe yang terlepas pada larutan perendaman.....	32
4.2 Diagram batang kadar ion Fe setelah perendaman.....	33
4.3 Diagram batang rerata kadar ion Fe sebelum dan setelah perendaman perendaman.....	33

DAFTAR SINGKATAN

Be	: <i>Beryllium</i> (Berilium)
C	: <i>Carbon</i> (Karbon)
Cl	: <i>Chlorine</i> (Klor)
cm	: <i>Centimeter</i>
Co	: <i>Cobalt</i> (Kobalt)
CO ₂	: Karbon dioksida
Cr	: <i>Chromium</i> (Krom)
Fe	: <i>ferrum</i> (Besi)
H	: <i>Hydrogen</i> (Hidrogen)
HCO ³⁻	: Ion Bikarbonat
K	: <i>Kallium</i> (Kalium)
Mg	: <i>Magnesium</i> (Magnesium)
ml	: mililiter
mm	: Milimeter
Mn	: <i>Manganese</i> (Mangan)
Mo	: <i>Molybdenum</i> (Molibdenum)
Na	: <i>Natrium</i> (Natrium)
Ni	: <i>Nickel</i> (Nikel)
pH	: <i>Potential of Hydrogen</i> (Derajat Keasaman)
PO ₄ ³⁻	: <i>Phosphate</i> (Fosfat)
ppm	: <i>Part Per Million</i>
Sn	: <i>Stannum</i> (Timah)
Ta	: <i>Tantalum</i> (Tantalum)
Ti	: <i>Titanium</i> (Titanium)
Zr	: <i>Zirconium</i> (Zirkonium)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Perhitungan Jumlah Sampel Penelitian.....	47
B. Alat dan Bahan Penelitian.....	48
C. Pelaksanaan Penelitian.....	51
D. Volume Perendaman Sampel.....	53
E. Pengkonversian Waktu Perendaman.....	54
F. Kadar Ion Logam Pada Sampel Sebelum Perlakuan.....	55
G. Hasil Uji Jumlah Ion Fe Pada Larutan Perendaman Menggunakan Alat <i>Atomic Absorption Spectrophotomertry (AAS)</i>	56
H. Hasil Uji Kasar Ion Fe Yang Terdapat Pada Kawat <i>Stainless Steel</i> Ortodonti Setelah Perlakuan.....	57
I. Hasil Uji Normalitas <i>Kolmogorov-Smirnov Test</i>	69
J. Hasil Uji Homogenitas <i>Levene Test</i> dan Uji Parametrik <i>One-Way</i> <i>Anova</i>	70
K. Hasil Uji <i>Least Significance Different (LSD)</i>	71

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Maloklusi merupakan salah satu masalah bagi kesehatan gigi dan mulut terbesar ketiga di Indonesia setelah karies dan penyakit periodontal (Feroza *et al.*, 2017). Maloklusi mengakibatkan terjadinya masalah periodontal, gangguan fungsi lisan dan psikososial (berkaitan dengan estetika) (Anne-Marie *et al.*, 2008). Perawatan maloklusi dapat dilakukan dengan menggunakan piranti lepasan (*removable appliance*), piranti fungsional (*functional appliance*) dan piranti cekat (*fixed appliane*) (Rahardjo, 2012).

Kawat ortodonti merupakan salah satu komponen penting karena berfungsi memberikan pergerakan gigi melalui *bracket* dan *buccal tubes/molar band* yang melekat pada gigi (Singh *et al.*, 2007). *Stainless steel* adalah bahan kawat yang sering digunakan, sifat fisik dan mekaniknya sangat dibutuhkan dalam perawatan yaitu memiliki sifat non toksik, tahan terhadap korosi, lentur, kekuatan besar, kekerasan dan *resilience* tinggi serta memiliki harga yang ekonomis (Rasyid *et al.*, 2014; Ariady, 2015).

Kawat *stainless steel* ortodonti mempunyai konstituen utama yaitu Fe, ion Fe jika dipengaruhi pH yang rendah serta adanya CO₂ agresif dapat menyebabkan logam besi terlepas (Satria, 2015). Waktu yang relatif lama dalam prosedur perawatan ortodonti masih mempunyai beberapa kendala, salah satunya yaitu terjadi pelepasan ion metal yang dapat menyebabkan reaksi alergi pada rongga mulut (Dundu *et al.*, 2017; Lombo *et al.*, 2016). Selama perawatan, kawat ortodonti akan berkontak dengan saliva dan jaringan rongga mulut. Pada lingkungan rongga mulut yang basah, kawat tersebut berpotensi mengalami pelepasan ion dari penyusun *alloy* (Brantley dan Eliades, 2001). Potensi pelepasan ion logam diduga akan semakin meningkat, karena konsumsi makanan atau minuman yang asam dapat menurunkan pH saliva dan menyebabkan lingkungan rongga mulut menjadi media korosif. PH asam di dalam rongga mulut disebabkan karena konsumsi minuman berkarbonasi (Maulindha, 2016).

Minuman berkarbonasi merupakan minuman non-alkohol yang mengandung pemanis dan asam baik buatan maupun alami dan adanya pelarutan karbondioksida sehingga menghasilkan karbonasi/asam karbonat (H_2CO_3). Salah satu minuman berkarbonasi yang populer di Indonesia adalah Coca Cola. Pada penelitian “*Report of soft drink consumption habits in Indonesia*” pada tahun 2014 menggambarkan konsumsi Coca Cola yang cukup tinggi pada masyarakat Indonesia dengan persentase 35,7% (Hutapea, 2016).

Coca Cola dengan pH 2,6 merupakan minuman yang memiliki sifat asam. Kandungan asam karbonat (H_2CO_3) tersebut ditambah dengan adanya kandungan asam buatan serta perasa dalam minuman berkarbonasi akan bereaksi dengan logam pada kawat sehingga akan berkonjugasi atau membentuk suatu molekul baru. Ion hidrogen pada asam karbonat tersebut akan berikatan dengan ion logam, menghasilkan suatu endapan logam solid (Bardal, 2004; Tahmassebi *et al.*, 2006; Maulindha, 2016). Pelepasan ion logam terutama ion Fe akan menurunkan sifat dari material piranti ortodonti yang berdampak pada performa dari komponen mekanik kawat ortodonti (Ariady, 2015). Maka, pelepasan ion Fe berdampak negatif pada kekuatan dan fleksibilitas kawat tersebut (Machfudzoh, 2014; Kartoyo, 2003).

Penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan yang belum pernah dilakukan penelitian sebelumnya. Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dilakukan analisis peningkatan pelepasan ion Fe pada kawat *stainless steel* ortodonti yang direndam dalam minuman berkarbonasi.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat dirumuskan adalah bagaimanakah peningkatan pelepasan ion Fe pada kawat *stainless steel* ortodonti saat direndam dalam minuman berkarbonasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis adanya peningkatan pelepasan ion Fe pada kawat *stainless steel* ortodonti saat direndam dalam minuman berkarbonasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan:

- a. Mampu menambah wawasan dan pengetahuan di bidang perawatan ortodonti tentang adanya efek minuman berkarbonasi terhadap pelepasan ion Fe pada kawat *stainless steel* ortodonti, serta
- b. Sebagai dasar penelitian lebih lanjut untuk meneliti pelepasan ion Fe secara *in vivo* dan *in vitro*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perawatan Ortodonti

2.1.1 Definisi Perawatan Ortodonti

Perawatan ortodonti adalah salah satu jenis perawatan di bidang kedokteran gigi dengan menghilangkan susunan gigi berjejal, koreksi apikal dan hubungan antar insisal sehingga mendapatkan hubungan oklusi yang baik (Bahirrah, 2004). Perawatan ortodonti dikategorikan menjadi dua kelompok yaitu pasif dan aktif, bisa piranti cekat ataupun piranti lepasan, atau bisa juga kombinasi dari komponen cekat dan lepasan (Foster, 2016). Selain itu, terdapat tiga tahapan perawatan ortodonti yaitu perawatan preventif, perawatan interseptif dan perawatan kuratif. Pembagian tahapan tersebut bertujuan untuk mempermudah penjelasan rencana perawatan (Rahardjo, 2012).

2.1.2 Macam-Macam Piranti Ortodonti

Rahardjo (2008) mengatakan bahwa piranti yang digunakan untuk merawat maloklusi secara garis besar dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu:

a. Piranti Lepas (*removable appliance*)

Piranti lepasan adalah piranti yang dapat dipasang dan dilepas oleh pasien. Komponen utama piranti lepasan adalah: 1) komponen aktif; 2) komponen pasif; 3) lempeng akrilik; 4) penjangkaran.

b. Piranti Fungsional (*functional appliance*)

Peranti fungsional berupa peranti lepasan atau cekat yang menggunakan kekuatan yang berasal dari regangan otot, fascia dan atau jaringan yang lain untuk mengubah relasi skeletal atau gigi.

c. Piranti Cekat (*Fixed Appliances*)

Piranti cekat adalah peranti ortodonti yang melekat pada gigi pasien sehingga tidak bisa dilepas oleh pasien. Piranti ini mempunyai tiga komponen utama, yaitu *attachmen* berupa *bracket* atau *band*, kawat busur (*archwire*) dan *auxillary* (Rahardjo, 2012).

Saat ini penggunaan alat ortodonti cekat lebih banyak dipilih dan digunakan karena hasil perawatannya lebih baik dan lebih cepat serta faktor kenyamanan pasien yang lebih baik (McLaughlin, 2002; Paulsson, 2008).

2.2 Kawat Ortodonti

2.2.1 Karakteristik Kawat Ortodonti

Kawat ortodonti memiliki sifat atau karakteristik yang mana pemilihan yang tepat akan menentukan hasil yang optimum dari perawatan. Beberapa karakteristik yang dimiliki kawat ortodonti dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik kawat ortodonti

a. Springback	Sifat kawat yang cenderung kembali ke bentuk semula meskipun telah mengalami deformasi.
b. Modulus of Resilience	Merupakan kemampuan kawat yang dapat meneruskan gaya ketika diberikan gaya, dan menyimpan gaya ketika pemberian beban dihentikan.
c. Kekakuan (stiffness)	Nilai dari besar gaya dari kawat yang dapat dihasilkan pada proses pemakaian kawat. Apabila semakin lentur kawat maka besar gaya yang dihasilkan akan kecil dan ringan.
d. Formability	<i>Formability</i> memberikan sifat kemudahan dalam dibentuk menjadi berbagai bentuk kombinasi kawat untuk memudahkan pemberian dan pengontrolan gaya.
e. Biokompatibilitas	Resistensi kawat ortodonti terhadap korosi dan adaptasi lingkungan di dalam rongga mulut sehingga kawat tidak mengalami kerusakan atau degenerasi material yang menyebabkan deformasi kawat secara mikroskopis.
f. Joinability	Sifat kawat yang dapat beradaptasi ketika digabung dengan peranti lain dalam perawatan seperti proses penyolderan atau <i>welding</i> .
g. Friksi	Kekuatan kawat dalam menahan gaya pada dua permukaan yang saling bergesekan. Gesekan pada kawat ortodonti biasanya terjadi antara kawat dengan braket. Semakin besar friksi maka pergerakan yang dihasilkan semakin kecil. Jadi friksi berbanding terbalik dengan pergerakan gigi yang dihasilkan

(O'Brien, 2002).

2.2.2 Bahan Kawat Ortodonti

Kawat ortodonti dapat digolongkan berdasarkan bahan pembentuknya, yakni kawat ortodonti yang berasal dari bahan *stainless steel*, *cobalt-chromium-nickel*, *beta-titanium* dan *nickel titanium* (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Kawat ortodonti berdasarkan bahan pembentuknya

Ion Logam	Cr	Ni	C	Co	Fe	Mo	Mn	Be	Ti	Zr	Sn
Kawat Orto											
302	17-	8-	0,1		70						
304	19	10	5%		%						
Stainless Steel	2	%	%								
303	18-	8-	0,0		70						
304	20	12	8%		%						
304L	%	%									
Cobalt-Chromium	20	15	0,1	40	15,	7%	2%	0,0			
	%	%	6%	%	8%			4 %			
Beta-Titanium						11,3			77,	6,6	4,3
						%			8%	%	%
Nickel-Titanium		55							45		
		%							%		

(O'Brien, 2002).

2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Janis Kawat Ortodonti

Dari berbagai macam jenis kawat ortodonti, masing-masing jenis memiliki kelebihan dan kekurangan seperti Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Kelebihan dan kekurangan kawat Ortodonti

Jenis Kawat Ortodonti	Kelebihan	Kekurangan
Stainless Steel	a) Paling murah b) Biokompabilitas terbukti secara penggunaan klinis	a) <i>Springback</i> yang relatif rendah dalam mengikat dibandingkan <i>beta-titanium</i> dan

	c) Formabilitas sangat baik d) Dapat disolder dan dileburkan	<i>nickel-titanium alloy</i> b) Rentan terkena korosi intergranular setelah dipanaskan mencapai suhu yang dibutuhkan untuk <i>joining</i>
Cobalt-Chromium	a) Harga yang relatif murah, meski lebih mahal daripada <i>stainless steel</i> b) Biokompabilitas terbukti secara penggunaan klinis c) Formabilitas sangat baik d) Dapat disolder dan dilebur e) <i>Resistensi in vivo</i> yang sangat baik	a) Kekuatan elastis tinggi b) <i>Springback</i> yang lebih rendah daripada <i>stainless steel</i>
Beta-Titanium	a) Formabilitas baik, dan merupakan satu-satunya kawat ortodonti dengan <i>weldability</i> yang sebenarnya b) <i>Springback</i> yang bagus c) Biokompatibilitas baik	a) Mahal b) Friksi <i>arch-bracket</i> yang tinggi pada original <i>titanium-molybdenum alloy</i> (TMA)
Nickel-Titanium	a) <i>Springback</i> yang bagus pada saat pencampuran, sehingga memiliki kemampuan <i>superelastic</i> dan <i>shape memory alloys</i> b) <i>Alloy superelastic</i> dapat dipanaskan oleh klinisi membentuk karakteristik yang beragam	a) Mahal b) Friksi tertinggi setelah <i>titanium-molybdenum alloy</i> (TMA) c) Kawat tidak dapat disolder dan harus disatukan dengan proses <i>mechanical crimping</i> d) Resistensi korosi <i>in vitro</i> terendah

(O'Brien, 2002).

2.3 Kawat Ortodonti *Stainless Steel*

2.3.1 Jenis Kawat *Stainless Steel*

Brantley dan Eliades (2001) dan Ahmad (2006) menyatakan bahwa *stainless steel* berdasarkan mikrostruktur *alloy* dibagi menjadi 4 yaitu *austenitic stainless steel*, *ferritic stainless steel*, *martensitic stainless steel* dan *precipitation-hardening steel* (Tabel 2.4).

Tabel. 2.4 *Stainless steel* berdasarkan mikrostruktur *alloy*

a. Austenitic stainless steel	<i>Stainless steel</i> tipe ini memiliki komposisi <i>alloy</i> Cr dan Fe. Komposisi tambahannya adalah 8% Ni dan 0,02-1,0% C. Karakteristik <i>austenitic stainless steel</i> resistensi korosi baik, tidak <i>brittle</i> dan formabilitas baik. Tipe <i>austenitic stainless steel</i> bermacam-macam tergantung dari jumlah persentase komposisi yang menyusunnya (Brantley dan Eliades, 2001).
b. Ferritic stainless steel	<i>Ferritic stainless steel</i> memiliki komposisi utama 16-30% Cr. <i>Ferritic stainless steel</i> memiliki kekuatan dan resistensi korosi yang lebih rendah dibandingkan dengan <i>austenitic stainless steel</i> . Resistensi korosi dapat ditingkatkan dengan penambahan <i>Molybdenum</i> (Mo) dan <i>Tantalum</i> (Ta). <i>Stainless steel</i> tipe ini mengeras apabila berada pada temperatur diatas 650°C (Ahmad, 2006; Brantley dan Eliades, 2001).
c. Martensitic stainless steel	<i>Martensitic stainless steel</i> memiliki komposisi Cr 11-16%. Kandungan C yang lebih dari 0,12% menambah kekuatan dari <i>martensitic stainless steel</i> . Tipe <i>stainless steel</i> ini memiliki resistensi korosi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan tipe <i>stainless steel</i> yang lain. Resistensi korosi dapat ditingkatkan dengan penambahan persentase Cr (Ahmad, 2006).
d. Precipitation-hardening steel	Tipe <i>precipitation-hardening steel</i> merupakan tipe tambahan dari <i>stainless steel</i> yang berhubungan dengan korosi intergranuler. Senyawa intermetalik dan karbida di dalamnya ditujukan untuk menambah kekuatan. <i>Precipitation-hardening steel</i> memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibanding dengan tipe lain. Resistensi korosi pada tipe ini diantara <i>martensitic steel</i> dengan <i>ferritic stainless steel</i> (Ahmad, 2006; Brantley dan Eliades, 2001).

2.3.2 Sifat Unsur Senyawa Kawat Ortodonti *Stainless Steel*

Kawat *stainless steel austenitic* tipe 302 merupakan tipe yang digunakan dalam perawatan ortodonti. Dengan komposisi 71% Fe, 8% Ni 18% Cr dan 0,2% C (Bishara, 2001). Fe pada komposisi tersebut adalah sebagai alasan ekonomis dan karena Fe yang banyak ditemukan di lingkungan sehari-hari sehingga sering digunakan sebagai campuran logam. Ni dan Cr ditujukan untuk resistensi korosi,

formabilitas yang baik, dan untuk memudahkan cara memanipulasinya. Kandungan Cr dengan besar minimal 11% dapat memberikan resistensi korosi yang lebih baik (Bardal, 2004). Penambahan C ditujukan untuk resistensi terhadap temperatur yang tinggi. Kerugian adanya kandungan Ni dan Cr yang mudah terlepas dari permukaan kawat memberikan efek alergi, sitotoksik dan karsiogenik pada tubuh (Lee Hsin *et al.*, 2010; Eliades dan Athanasiou, 2002).

2.4 Saliva dan Saliva Buatan

Lingkungan yang bersifat korosif dalam tubuh meliputi darah dan unsur lain pada cairan tubuh, seperti air, natrium, klorin, protein, plasma, asam amino dan oksigen. Cairan tubuh manusia terdiri dari anion-anion seperti klorida, pospat, sulfat dan ion bikarbonat, serta kation seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} dan lain sebagainya (Manivasagam *et al.*, 2010). Salah satu cairan tubuh yang ada pada rongga mulut adalah saliva. Saliva merupakan suatu cairan yang dikeluarkan kelenjar ludah di dalam rongga mulut. Saliva merupakan sekresi campuran yang diproduksi oleh kelenjar parotis sebanyak $\pm 90\%$ submandibula, sublingual dan kelenjar pada palatum lunak dan pada permukaan dalam bibir dan pipi. Saliva buatan mengandung komponen yang sama dengan saliva asli, tetapi tidak mengandung enzim (Kuhta *et al.*, 2009).

Almeida *et al.* (2008) menyatakan bahwa saliva terdiri dari sebagian besar air, dan sebagian lain adalah komponen anorganik (HCO_3^- , fosfat, Na^+ , K^+ , Cl^- , potasium dan magnesium) yang dapat merusak lapisan oksida pada permukaan kawat sehingga mengakibatkan terjadinya pelepasan ion logam seperti Fe, Ni, Cr, Mo dan Ti yang merupakan elemen penting kawat (Brantley dan Eliades, 2001; Phillips, 2003). Komponen anorganik inilah yang berperan sebagai media elektrolit yang dapat memicu reaksi elektrokimia. Selain itu, terdapat komponen organik saliva yaitu suatu protein yang berupa enzim (Almeida *et al.*, 2008).

Adanya protein juga dapat mempengaruhi terjadinya pelepasan ion logam karena protein dapat berperan sebagai media elektrolit yang dapat memicu terjadinya reaksi kimia. Dimana reaksi elektrokimia merupakan reaksi yang mengalami anoda (mengalami oksidasi) dan katoda (mengalami reduksi). Untuk

ion logam sebagai anoda dan ion H^+ dari media elektrolit sebagai katoda sehingga mempengaruhi terjadinya pelepasan ion Ni, Cr dan utamanya ion Fe pada logam tersebut (Sumule *et al.*, 2015).

2.5 Air Mineral

Air mineral (Aqua Danone) dengan pH 7,0 merupakan salah satu air minum kemasan yang tentunya memiliki dan memenuhi standarisasi air minum yang ada di Indonesia. Pada PERMENKES RI No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum menyatakan bahwa, parameter dalam persyaratan kualitas air minum, yaitu:

1. Parameter wajib kimia an-organik: arsen, fluorida, kromium, kadmium, nitrit (NO_2^-), Nitrat (NO_3^-), sianida, selenium.
2. Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan (kimiawi): aluminium, besi 0,3 mg/l, khlorida, mangan, pH, seng, sulfat, tembaga.
3. Parameter tambahan bahan kimiawi an-organik: air raksa, antimon, barium, boron, molybdenum, nikel, sodium, timbal, uranium.

Pada suatu reaksi kimia, ion positif atau kation akan tertarik ke katoda dan mengalami reduksi. Sedangkan ion negatif atau anion akan tertarik ke anoda dan mengalami reaksi oksidasi. Yang dapat bertindak sebagai kation adalah ion logam, baik golongan utama maupun golongan transisi, sedangkan anion dapat berupa ion monoatom (F^- , Cl^- , O^{2-}) atau ion poliatom (SO_4^{2-} , NO_3^-) (Sopiah, 2008). Pada air mineral kandungan nitrat, fluorida, khlorida merupakan beberapa ion bermuatan negatif yang berperan sebagai anion yang akan mengalami reaksi oksidasi. Kandungan tembaga, nikel, besi merupakan elektroda aktif yang akan mempengaruhi reaksi oksidasi (Achmad, 2001).

2.6 Minuman Berkarbonasi

Badan Pusat Statistik (2004) juga menyatakan bahwa minuman yang dibuat dengan mengasorbikan karbondioksida ke dalam air minum dan mempunyai pH berkisar antara 2,08-3,00 (Tabel 2.5). Minuman berkarbonasi

adalah minuman yang melewati *carbonated process*, salah satu contoh minuman berkarbonasi adalah Coca Cola. Minuman bersoda ini banyak beredar di masyarakat. Akan tetapi sebagian besar masyarakat hanya mengetahui sedikit atau bahkan sama sekali tidak mengetahui bahaya dari minuman bersoda tersebut. Serta masyarakat banyak yang kesulitan untuk mengurangi konsumsi minuman bersoda ini (Eviliananingtyas, 2014).

Tabel 2.5 pH minuman bersoda

Tipe Minuman Berkarbonasi	pH (Standart Deviasi)
Coca Cola Classic	2.37 (0.03)
Coca Cola Zero	2.96 (0.03)
Fanta Orange	2.82 (0.02)
Fanta Strawberry	2.84 (0.01)
Pepsi	2.39 (0.03)
Sprite	3.24 (0.05)

(Sumber : Reddy *et al.*, 2016)

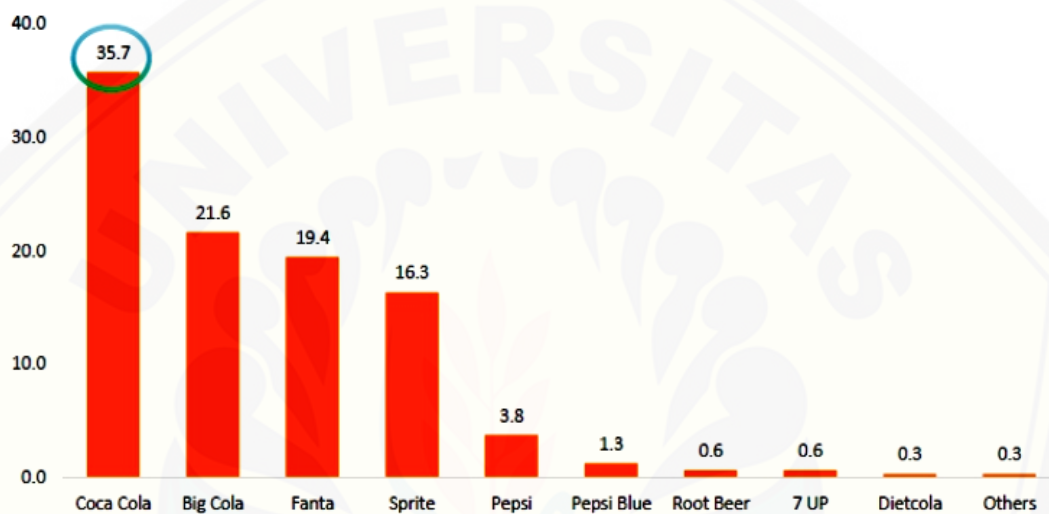
2.6.1 Prevalensi Pengkonsumsian Minuman Berkarbonasi

Banyak makanan dan minuman kemasan yang diproduksi dengan memperhatikan aspek selera, sehingga makanan dan minuman tersebut disukai oleh kaum tua maupun muda. Rahasia membanjirnya produk makanan ataupun minuman kemasan adalah dengan peranan bahan tambahan makanan (BTM) sangatlah besar untuk menghasilkan produk-produk kemasan (Khomsan, 2003). Chandra dan Gufraeni (2009) mencatat bahwa masyarakat Indonesia mengkonsumsi minuman berkarbonasi sebanyak 236 ml per orang selama setahun dan diprediksi pengkonsumsian akan meningkat karena banyaknya jumlah penduduk negara Indonesia.

Asosiasi Industri Minuman Ringan Indonesia menyebutkan bahwa rata-rata konsumsi minuman ringan masyarakat Indonesia sebesar 33 liter per kapita, dan pada tahun 2015 target konsumsi rata-rata minuman ringan sebesar 100 liter perkapita (Alicia, 2014). Salah satu minuman berkarbonasi yang populer di Indonesia adalah Coca Cola. Konsumsi Coca Cola berbanding lurus dengan grafik penjualannya. Berdasarkan data penjualan tahun 2013 PT. Coca Cola Amatil

Inonesia (CCAI) Area Cibitung, didapatkan data penjualan produk yang terus meningkat (Ferdiyanti, 2014).

Menurut penelitian “*Report of soft drink consumption habits in Indonesia*” pada tahun 2014 menggambarkan konsumsi Coca Cola yang cukup tinggi pada masyarakat Indonesia. Dari grafik dibawah ini (Gambar 2.1) didapatkan hasil bahwa Coca Cola paling banyak dikonsumsi dengan persentase 35,7% (Hutapea, 2016).



Gambar 2.1 Grafik konsumsi minuman ringan tertinggi (“*Report of soft drink consumption habits in Indonesia*” published by : Nusaresearch team, 2014)

2.6.2 Komposisi Minuman Berkarbonasi

Minuman berkarbonasi memiliki komposisi dasar yaitu air sebanyak 90% dan selebihnya merupakan bahan tambahan seperti zat pewarna, zat pemanis, gas CO₂ dan zat pengawet. Chandra dan Gufraeni (2009) bahwa komposisi secara umum dapat diuraikan sebagai berikut:

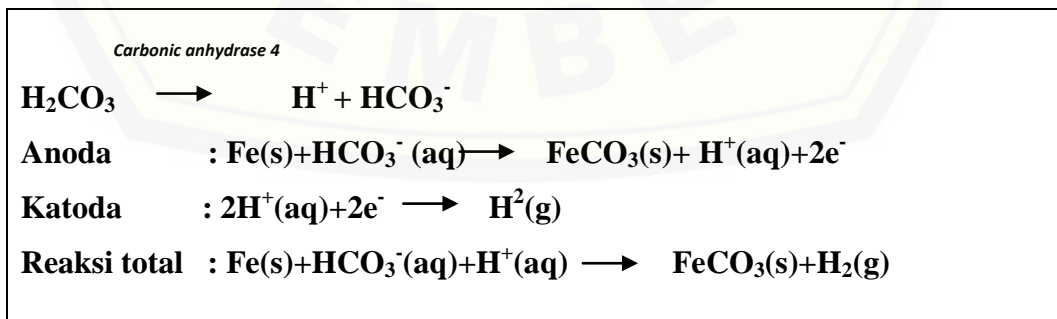
- a. Air berkarbonasi merupakan kandungan terbesar di dalam *carbonated soft drink*. Air yang digunakan harus mempunyai kualitas tinggi yaitu jernih, tidak berbau, tidak berwarna, bebas dari organisme yang hidup dalam air, serta kandungan logam besi dan mangan kurang dari 0.1 ppm.

- b. Bahan pemanis yang digunakan dalam minuman berkarbonasi ada dua kategori yaitu bahan pemanis natural (*nutritive*) dan bahan pemanis sintetik (*non nutritive*) yaitu sakarin.
- c. Zat asam (*acidulants*) yang ditambahkan dengan tujuan untuk memberikan rasa asam dan memodifikasi manisnya gula.
- d. Pemberian aroma yang disesuaikan dengan formula khusus dari industri masing-masing minuman berkarbonasi.
- e. Zat pewarna untuk meningkatkan daya tarik minuman.
- f. Zat pengawet untuk mencegah fermentasi.

2.6.3 Efek Minuman Berkarbonasi

Tahmassebi *et al.* (2006) menyatakan bahwa asam karbonasi yang dihasilkan dalam minuman berkarbonasi menimbulkan rendahnya pH sekitar. Komposisi minuman berkarbonasi yang terdiri dari perasa buatan juga memberikan sifat asam, karena mengandung asam sitrat dan asam fosfat (Prasetyo, 2005).

Suasana asam ini dapat mempercepat terjadinya proses korosi pada kawat *stainless steel* ortodonti. Asam yang disebabkan oleh karbondioksida dari minuman berkarbonasi adalah asam karbonat (H_2CO_3). Asam karbonat (H_2CO_3) di dalam mulut akan mensensitisasi *taste buds* dan adanya enzim *carbonic anhydrase 4* (CA-4) akan mengubahnya menjadi ion bikarbonat (HCO_3^-) dan proton bebas (H^+) dengan reaksi sebagai berikut :



HCO_3^- akan terlepas dan memberi kesegaran di dalam mulut, dan seseorang yang mengonsumsi minuman berkarbonasi akan merasakan adanya sensasi rasa

ledakan dari gelembung-gelembung, perasaan geli atau berdesis didalam mulut. H^+ lainnya yang timbul akan mengikat elektron dari Fe dan mengalami reduksi. Reaksi reduksi yang terjadi akan meningkatkan reaksi oksidasi logam sehingga pelepasan ion Fe meningkat, karena dalam proses korosi laju reduksi sebanding dengan laju oksidasi (Fontana, 1987; Shreir *et al.*, 2000).

Asam karbonat (H_2CO_3) yang merupakan asam lemah juga berperan sebagai katalisator air (H_2O). Asam karbonat (H_2CO_3) yang cenderung setimbang dapat mengubah H_2O menjadi H^+ dan OH^- . Hal ini mengakibatkan konsentrasi H^+ sebagai oksidator meningkat untuk memperbesar pelepasan ion (Champbell dan Farrel, 2010). pH asam juga dapat dipengaruhi oleh adanya asam organik sebagai perasa minuman dan asam buatan yaitu asam asetat dan sama fosfat yang terdapat di dalam minuman berkarbonasi (Tahmassebi *et al.*, 2006).

Sedangkan efek minuman berkarbonasi terhadap komponen logam pada pemakaian alat ortodonti adalah terjadinya korosi. Korosi pada alat ortodonti yang terbuat dari logam menimbulkan efek rapuh pada alat, berkurangnya kekuatan alat tersebut serta dapat menimbulkan efek sistemik kedalam jaringan tubuh akibat terlepasnya ion dari unsur yang terdapat di dalam alat ortodonti berbahan logam (Darvell, 2002).

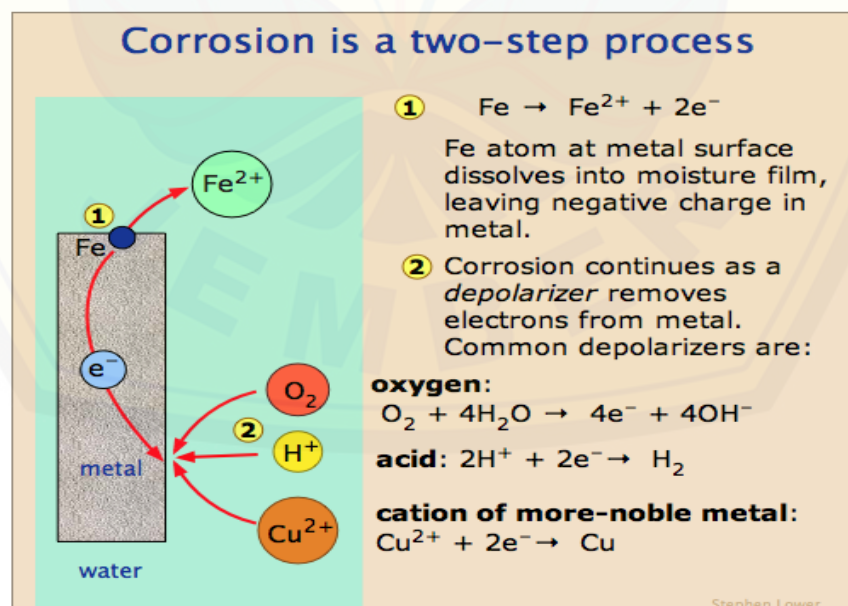
Logam pusat pada senyawa kompleks seperti besi merupakan suatu logam pada deret transisi pertama yang dapat menerima pasangan elektron bebas dari ligananya. Besi memiliki nomor atom 26 dengan konfigurasi $3d^6 4s^2$. Besi merupakan unsur keempat terbesar yang ada pada kerak bumi. Dalam bentuk padatan besi berwarna abu-abu. Dalam bentuk cairan, besi dapat teroksidasi dari Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} (Dewi, 2014). Namun yang paling banyak ditemui adalah Fe^{3+} karena sifatnya yang lebih stabil (Rachmasari dan Sugiarto, 2017)

Pelepasan ion Fe yang berlebihan yang terjadi dalam jangka waktu yang lama akan memberikan dampak negatif baik pada kawat *stainless steel* ortodonti. Pelepasan ion Fe sangat mempengaruhi karakteristik kawat, khususnya pada sifat *stiffness*, karena *stiffness* sangat diperlukan dalam pergerakan gigi terutama gerak *bodily* (Foster, 2016). Sifat *stiffness* berbanding terbalik dengan *fleksibilitas* maka, jika *stiffness* berkurang maka kawat akan lebih fleksibel, sehingga performa kawat

menurun dan mengganggu fungsi penting kawat yaitu dalam pergerakan gigi (Machfudzoh, 2014; Kartoyo, 2003; Ariady, 2015; Singh et al., 2007). Hilangnya ion-ion ini menyebabkan kawat *stainless steel* ortodonti akan mengalami pengurangan massa atau terdestruksinya permukaan logam sehingga kawat *stainless steel* ortodonti dapat mengalami perubahan bentuk dan semakin lama dapat menyebabkan rapuhnya kawat *stainless steel* ortodonti (Matasa et al., 2000).

2.7 Proses Pelepasan Ion Logam

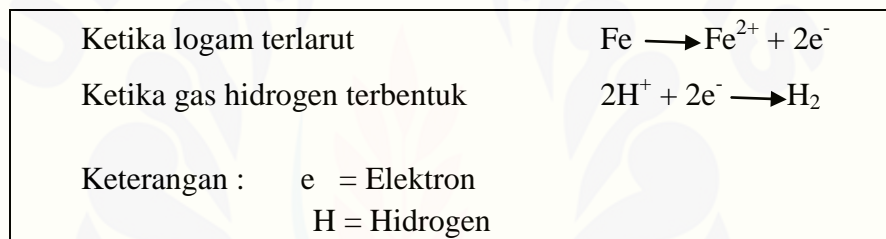
Pelepasan dari unsur-unsur penyusun sebuah materi menandakan telah terjadi penurunan kualitas dari suatu materi. Kirkpatric *et al.* (2002) menyatakan bahwa saat terjadi pelepasan unsur penyusun, suatu senyawa kimia akan cenderung untuk kembali dalam bentuk awalnya di alam. Suatu permukaan logam yang berkontak dengan lingkungan yang mengandung air (Gambar 2.2) atau lingkungan dengan suasana kelembapan yang tinggi akan menimbulkan larutnya unsur-unsur pada permukaan logam (De Waard dan William dalam Aagotnes, 2002).



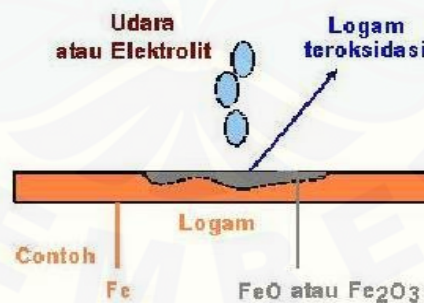
Gambar 2.2 Proses pelepasan ion logam (<https://sites.google.com/a/ramapocentral.net/ap-chemistry/chapter-17electrochemistry/corrosion>. diakses 17 Juni 2017)

Tubuh manusia adalah lingkungan yang korosif bagi logam dan paduannya karena dapat terjadi reaksi oksidasi. Tubuh memiliki larutan dengan kadar garam sekitar 0,9% pada pH~7,4 dengan temperatur $37 \pm 1^\circ\text{C}$. Cairan tubuh manusia terdiri atas larutan air, senyawa kompleks, larutan cairan dari oksigen dan kandungan yang besar dari natrium (Na^+) dan klorida (Cl^-) serta elektrolit lainnya seperti bikarbonat, kandungan kecil dari kalium, kalsium, magnesium, pospat, sulfat, asam amoni, protein, plasma, limfa. Ion-ion yang ada ditubuh juga memberikan peranan yang penting untuk menjaga pH dan transfer elektron (Prasetyo, 2012; Ludang, 2012)

Persamaan reaksi korosi pada logam dengan suasana asam menurut Sharma (2012) sebagai berikut :

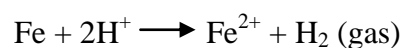


Suasana lingkungan sekitar logam yang asam akan menyediakan ion H^+ berlebih. Ion tersebut akan berikatan dengan logam (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Proses pembentukan produk korosi (Muslimah, H. 2015)

Menurut Sharma (2012), sehingga reaksi keseluruhan korosi adalah :



Logam yang telah teroksidasi akan berikatan dengan OH^- membentuk Fe_2O_3 . Produk tersebut dapat menghambat kelangsungan korosi sejenak yang nantinya disebut dengan fase *passivation*. Produk korosi ini tidak lama kemudian akan terlepas ikatannya, dan proses korosi akan berlanjut kembali sampai logam tersebut habis (Aryani, 2012).

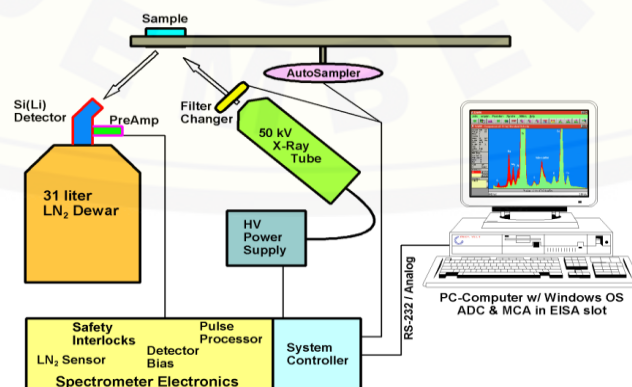
2.8 Alat Uji

2.8.1 X-Ray Fluorescence (XRF)

Alat X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan salah satu alat yang digunakan untuk uji kandungan logam pada sampel. Teknik analisis dengan XRF lebih banyak digunakan karena metode ini cepat, lebih teliti, tidak merusak bahan, dapat digunakan pada cuplikan berbentuk padat, bubuk, cair maupun pasta (Sukirno *et al.*, 2003).

2.8.2 Prinsip Kerja X-Ray Fluorescence (XRF)

Prinsip kerja alat ini yaitu dengan menembakkan radiasi foton elektromagnetik ke material yang diteliti (Gambar 2.4). Kemudian radiasi elektromagnetik yang dipancarkan akan berinteraksi dengan elektron yang berada di kulit K suatu unsur. Pada akhirnya, elektron yang berada pada kulit K akan memiliki energi kinetik yang cukup untuk melepaskan diri dari ikatan inti, sehingga elektron itu akan terlepas keluar (Setiabudi, 2012).



Gambar 2.4 Prinsip Kerja X-Ray Fluorescence (XRF) (Sumber: Setiabudi, 2012)

X-Ray Fluorescence (XRF) memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari metode ini adalah sampel yang dianalisis tidak perlu dirusak, memiliki akurasi yang tinggi, dapat menentukan unsur dalam material tanpa adanya standar, serta dapat menentukan kandungan mineral dalam bahan biologik maupun dalam tubuh secara langsung. Sedangkan kekurangannya adalah tidak dapat menganalisis unsur dibawah nomor atom 10 (Silaen, 2015).

2.8.3 Instrumentasi *X-Ray Fluorescence* (XRF)

Terdapat tiga komponen utama dalam instrumen *X-Ray Fluorescence* (XRF), yaitu: sumber cahaya, optik dan detektor (Setiabudi, 2012).

2.8.4 *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)

Metode analisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) merupakan metode yang populer untuk analisis logam karena relatif sederhana, metode ini juga selektif dan sangat sensitif (Broekaert, 2002). Metode ini juga dapat digunakan untuk penentuan kadar suatu unsur yang konsentrasinya kecil tanpa harus dipisahkan terlebih dahulu (Kristianingrum, 2012). *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) digunakan untuk analisis kuantitatif unsur-unsur logam dalam jumlah sedikit. Cara analisis ini memberikan kadar total unsur logam dalam suatu sampel dan tidak tergantung pada bentuk molekul dari logam dalam sampel tersebut. AAS didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral, dan sinar yang diserap biasanya sinar tampak atau ultraviolet (Rohman, 2007).

2.8.5 Prinsip Kerja *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)

Atomic Absorption Spectrophotometry adalah metode analisis dengan prinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unurnya (Khopkar, 2008). Metode analisis ini digunakan untuk menentukan konsentrasi suatu unsur yang didasarkan pada proses penyerapan radiasi sumber oleh atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*) (Boybul dan Iis, 2009). Lalu sinar yang berasal

dari lampu katoda dengan panjang gelombang yang sesuai dengan unsur yang uji, akan dilewatkan kepada atom dalam nyala api sehingga elektron pada kulit terluar dari atom naik ke tingkat energi yang lebih tinggi atau tereksitasi. Panjang gelombang yang digunakan untuk ion Fe sebesar 248,3 nm. Penyerapan yang terjadi berbanding lurus dengan banyaknya atom *ground state* yang berada dalam nyala. Sinar yang tidak diserap oleh atom akan diteruskan dan dipancarkan pada detektor, kemudian diubah menjadi sinyal yang terukur (Rohman, 2007).

2.8.6 Instrumentasi *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)

Terdapat lima komponen utama dalam instrumen spektrofotometer serapan atom, yaitu (Sari, 2010):

a. Sumber cahaya

Sumber cahaya berupa lampu yang dapat memancarkan energi yang cukup.

b. Monokromator

Monokromator merupakan suatu alat yang diletakkan diantara nyala dan detektor pada suatu rangkaian instrumentasi *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

c. Gas dan Alat Pembakar

Gas yang digunakan memiliki dua sifat yaitu oksidatif dan bahan bakar. Gas yang digunakan pada alat pembakar menyesuaikan dengan teknik nyala api sehingga dapat memenuhi hukum *Lambert-Beer*.

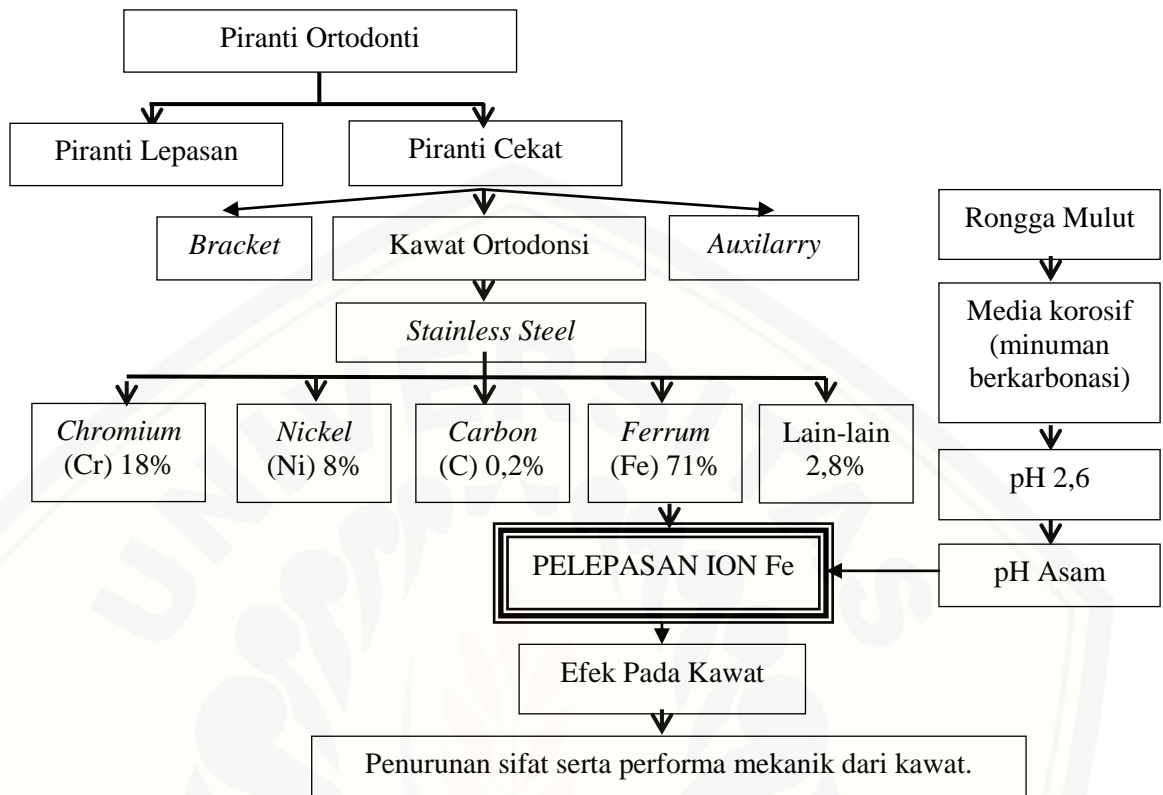
d. Kuvet

Kuvet merupakan suatu tempat untuk nyala api dan atom-atom yang ada didalamnya, seolah-olah berfungsi sebagai kuvet.

e. Detektor

Detektor berfungsi sebagai alat penguat dari spektrum cahaya yang telah melewati sampel.

2.9 Kerangka Konsep



Gambar 2.5 Bagan kerangka konsep

Keterangan Bagan :

→ : Efek Perlakuan

▭▭▭ : Yang Diteliti

2.10 Hipotesis

Bedasarkan tinjauan pustaka yang telah diuraikan maka dirumuskan hipotesis bahwa terdapat peningkatan pelepasan ion Fe pada kawat *stainless steel* ortodonti saat direndam dalam minuman berkarbonasi.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental laboratoris dengan model rancangan penelitian berupa *Pre Test and Post Test with Control Group Design* yaitu dengan menggunakan analisis pengukuran sebelum dan sesudah perlakuan (Notoadmodjo, 2010)

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di :

1. Perendaman Sampel dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.
2. Uji Pelepasan Ion Fe menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
3. Uji Pelepasan Ion Fe menggunakan alat *X-Ray Flouresence* (XRF) dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang.

3.2.2 Waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan bulan Oktober dan November 2017.

3.3 Sampel Penelitian

3.3.1 Sampel Penelitian

Sampel Penelitian adalah kawat ortodonti berbahan dasar *stainless steel* berpenampang bulat dengan diameter 0,016 inch dan panjang 11,6 cm.

3.3.2 Pengelompokan Sampel

Sampel penelitian digolongkan menjadi 3 kelompok yang terdiri dari dua kelompok kontrol (kontrol negatif dan kontrol positif) dan satu kelompok perlakuan.

3.3.3 Besar Sampel

Besar sampel penelitian didapatkan dengan perhitungan rumus dari Daniel (2009), yaitu berjumlah 4 sampel untuk setiap kelompok. Pada penelitian ini terdapat 2 kelompok yaitu satu kelompok kontrol dan satu kelompok perlakuan, sehingga jumlah sampel secara keseluruhan berjumlah 8 sampel (Lampiran A).

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kawat *stainless steel* ortodonti yang direndam dalam minuman berkarbonasi (Coca Cola).

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pelepasan ion Fe.

3.4.3 Variabel Terkendali

Variabel terkontrol dalam penelitian ini antara lain :

- a. Waktu perendaman selama kurang lebih 4 jam
- b. Volume perendaman 100 ml yang disesuaikan dengan standart minimal volume pada alat uji *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)
- c. Suhu inkubator 37°C
- d. Saliva buatan dengan pH 7,0
- e. Air mineral (Aqua pH 7,0)
- f. Minuman berkarbonasi (Coca Cola pH 2,3-3,0)

3.5 Definisi Operasional

3.5.1 Kawat *Stainless Steel* Ortodonti

Dalam penelitian ini, kawat *stainless steel* ortodonti yang digunakan adalah kawat *stainless steel* 3M™ Unitek berpenampang bulat dengan diameter 0,016 inch dan panjang 11,6 cm diukur dari *midline* ke regio kiri maupun regio kanan masing-masing sebesar 5,8 cm.

3.5.2 Saliva Buatan

Saliva yang digunakan dalam penelitian ini merupakan saliva buatan yang memiliki komposisi NaCl 36,0 gr; KCl 1,69 gr; CaCl₂ 0,956 gr; NaHCO₃ 0,85 gr; dan air destilasi 400 cc dengan pH 7,0 (SMF, Surabaya).

3.5.3 Air Mineral

Dalam penelitian ini, air mineral yang digunakan adalah air mineral Aqua Danone dengan pH 7,0 yang diproduksi oleh PT. Tirta Investama Klaten, Indonesia

3.5.4 Minuman Berkarbonasi

Minuman berkarbonasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah minuman berkarbonasi Coca Cola produksi PT. Coca Cola Amatil Indonesia (CCAI).

3.5.5 Pelepasan Ion Fe

Pelepasan Fe adalah banyaknya konsentrasi ion Fe yang terlarut di dalam saliva buatan yang ditambah minuman berkarbonasi setelah perendaman selama 4 jam dan diukur dengan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*).

3.6 Alat dan Bahan Penelitian

3.6.1 Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Penggaris (Butterfly, China)
2. Benang
3. Pinset (Marwa Stainless, India)
4. Spidol penanda (Artline, Jepang)
5. Tang potong (Tekiro, Jepang)
6. Inkubator (Binder, USA)
7. Gelas ukur 25 ml (Pyrex, Indonesia)
8. pH meter digital (Hanna *Instruments*)
9. *Beaker glass* (Pyrex, Indonesia)
10. XRF/*X-Ray Fluorescence* (MiniPal 4 PANalytical)
11. AAS/*Atomic Absorbtion Spectrometry* (ZEEnit700 Analitik Jena, Jerman)
12. *Aluminium foil* (KlinPak)

3.6.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

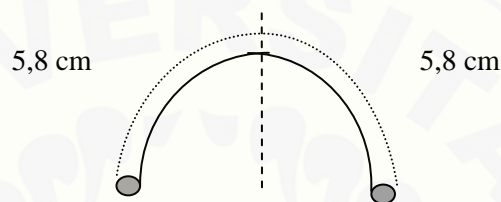
2. Kawat *stainless steel* ortodonti berpenampang bulat dengan diameter 0,016 inchi (3M™ Unitek)
3. Saliva buatan pH 7 dengan komposisi NaCl 36,0 gr; KCl 1,69 gr; CaCl₂ 0,95 gr; NaHCO₃ 0,85 gr; dan air destilasi 400cc (SMF, Surabaya)
4. Air mineral Aqua pH 7,0 (PT. Tirta Investama Klaten, Indonesia)
5. Minuman berkarbonasi Coca Cola rasa original pH 2,3-3,0 (PT. Coca Cola Amatil Indonesia)

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Persiapan Spesimen

Spesimen pada penelitian ini adalah kawat *stainless steel* ortodonti berpenampang bulat diameter 0,016 inch dengan panjang 11,6 cm (Gambar 3.1).

Panjang kawat mengacu pada panjang rata-rata pengguna kawat pada perawatan ortodonti dari molar satu regio kanan ke molar satu regio kiri sebesar 11,6 cm (Al-Joubory, 2001).

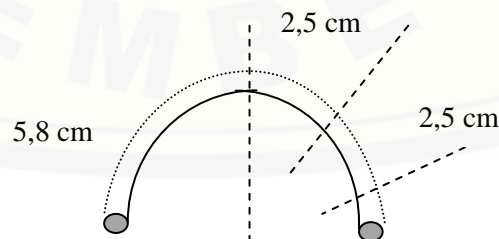


Gambar 3.1 Gambar ilustrasi

3.7.2 Uji Kemurnian Sampel

Dilakukan uji bahan pada sampel dengan alat *X-ray Fluorescence* (XRF) untuk menentukan sampel adalah tipe *stainless steel*. Langkah-langkah sebagai berikut :

- Sampel tanpa perendaman dipotong-potong dengan ukuran 2,5cm (Gambar 3.2). Pemotongan kawat dilakukan dari *midline* kawat, diukur sepanjang 5,8 cm ke sisi kanan dan 5,8 cm ke sisi kiri.



Gambar 3.2 Gambar Ilustrasi pemotongan sampel uji dengan alat *X-Ray Fluorescence* (XRF)

- b. Nyalakan alat kemudian tekan tombol power. Tunggu hingga beberapa saat kemudian kunci diputar kearah “on”. Selanjutnya buka penutup alat.
- c. Kemudian sampel dimasukkan dalam wadah khusus dari alat *X-ray Flouresence (XRF)* yaitu *holder*.
- d. Selanjutnya dilakukan pembacaan sampel.
- e. Hasil dilihat pada monitor alat. Hasil uji kemurnian sampel terdapat pada lampiran.

3.7.3 Persiapan Larutan

Jumlah larutan perendaman mengacu pada standard ASTM G31-72 (2004) yang menyatakan jumlah larutan pengkorosi untuk setiap mm² luas permukaan adalah sebesar 0,2 ml. Dari hasil perhitungan didapatkan volume minimal larutan perendaman 29,6 ml (Lampiran D). Maka, untuk memenuhi dedfinisi operasional tentang standart minimal volume pada alat uji AAS, maka larutan perendaman disesuaikan menjadi 100 ml.

3.7.4 Perendaman Sampel

Pada penelitian ini sampel direndam selama 4 jam dalam inkubator dengan temperatur dalam rongga mulut yaitu 37°C (Lampiran E).

3.7.5 Pelaksanaan Penelitian

Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Maulindha (2016). Langkah-langkah pelaksanaan penelitian sebagai berikut :

- a. Menyiapkan sampel sejumlah 3 kawat stainless steel penampang bulat dengan diameter 0,016 inch dan panjang 11,6 cm.
- b. Menyiapkan 3 larutan perendaman yang sudah ditentukan kemudian diukur tingkat keasaman dengan pH meter.
- c. Menyiapkan 3 *beaker glass* sesuai dengan sampel.
 - 1) Mengisi *beaker glass* pertama sebagai kelompok kontrol negatif kawat *stainless steel* ortodonti direndam dengan saliva buatan

sebanyak 100 ml kemudian *beaker glass* ditutup dengan *aluminium foil*.

- 2) Mengisi *beaker glass* kedua sebagai kelompok kontrol positif kawat *stainless steel* ortodonti direndam dengan air mineral merk aqua sebanyak 100 ml kemudian *beaker glass* ditutup dengan *aluminium foil*.
- 3) Mengisi *beaker glass* ketiga sebagai kelompok perlakuan kawat *stainless steel* ortodonti direndam dengan volume larutan yang sama (100 ml) menggunakan perbandingan saliva buatan dan minuman berkarbonasi 1:1, masing-masing sebanyak 50 ml. Tuangkan kedalam *beaker glass* aduk campuran larutan menggunakan pengaduk kemudian *beaker glass* ditutup dengan *aluminium foil*.

- d. Merendam masing-masing sampel dalam larutan selama 4 jam. Selama perendaman, sampel ditempatkan pada inkubator dengan suhu 37°C.
- e. Selanjutnya, larutan rendaman pada kelompok kontrol dan perlakuan diuji dengan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Kemudian semua sampel (kawat) dipotong-potong dengan ukuran 2,5 cm, kemudian dilakukan uji dengan alat *X-ray Fluorescence* (XRF).

3.7.6 Pengujian Analisis Pelepasan Ion Fe

- a. Pengujian Menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) setelah perendaman

Pengujian pada kawat ortodonti dapat dilakukan dengan identifikasi jumlah elemen yang terlepas dalam suatu cairan dengan alat spektrofotometri serapan atom (Schmaltz dan Arenholt-bindslev, 2009).

Setelah sampel direndam dalam larutan uji selama 4 jam kemudian sampel diambil dan larutan uji dihitung jumlah ion Fe yang terlepas dari

sampel. Berikut tahapan uji analisis pelepasan ion Fe pada larutan menggunakan alat AAS (Wiryawan dkk., 2007) :

- 1) Menyiapkan mesin *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) sebelum melakukan pengujian dengan menekan tombol “on” hingga layar komputer hidup.
 - 2) Memasang lampu indikator ion Fe pada alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).
 - 3) Mengambil sampel yang telah direndam sebelumnya.
 - 4) Larutan hasil perendaman ditempatkan pada bagian tabung uji sampel yang ada pada alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).
 - 5) Memulai pengujian dengan pengoperasian alat melalui komputer yang telah terkoneksi dengan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).
 - 6) Larutan uji hasil perendaman secara otomatis akan dijernihkan dengan pengenceran agar memudahkan deteksi dari ion Fe.
 - 7) Melakukan perhitungan kadar ion Fe dalam larutan uji menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).
 - 8) Data hasil penghitungan jumlah ion Fe akan keluar pada komputer
 - 9) Melakukan pengumpulan dan tabulasi data hasil perhitungan dengan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).
- b. Pengujian Menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* (XRF) setelah perendaman

Untuk menentukan komposisi sampel setelah dilakukan perendaman menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* (XRF) (Wiryawan dkk., 2007). Langkah-langkah sebagai berikut :

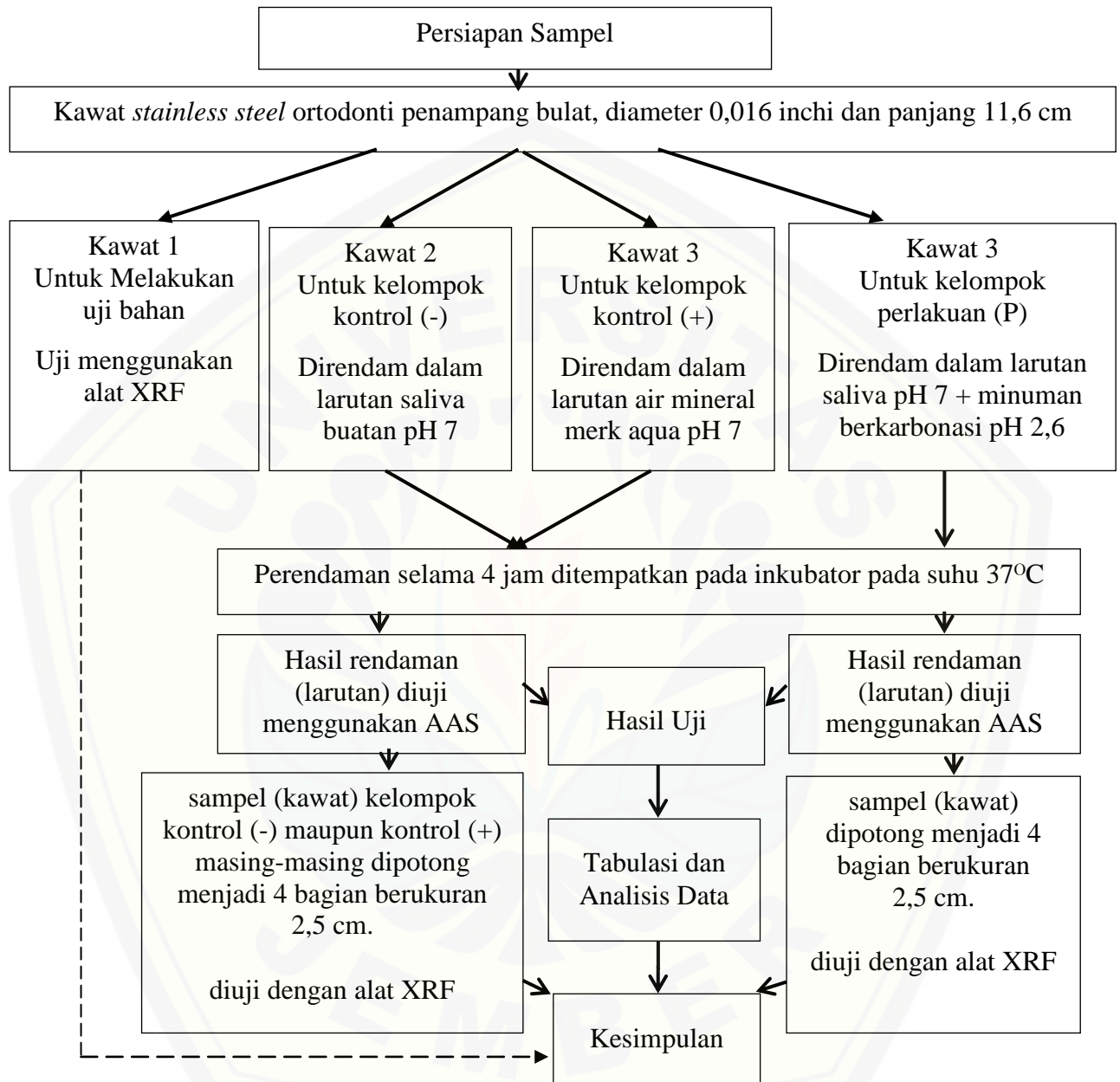
- 1) Sampel berukuran 11,6 cm (Al-Joubory, 2001) yang telah direndam dipotong-potong dengan ukuran 2,5 cm (Gambar 3.2).
- 2) Standart Operasional Prosedur (Crocker Nuclear Laboratory, 2015):
 - a) Nyalakan alat kemudian tekan tombol *power*. Selanjutnya tunggu beberapa saat hingga selesai proses inisialisasi.

- b) Buka penutup alat (tempat sampel). Kemudian sampel dimasukkan dalam wadah khusus dari alat *X-Ray Fluorescence* (XRF) yaitu *holder*.
- c) Selanjutnya dilakukan pembacaan sampel yang diawali dengan pilih *software* klik 2 kali.
- d) Klik progres untuk melihat lama pengukuran (biasanya 15 menit).
- e) Kemudian, hasil bisa langsung di cetak.

3.8 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan *software* berupa aplikasi SPSS 16.0. Uji normalitas data hasil penelitian dilakukan dengan uji *Kolmogorov-Smirnov Test* dan untuk uji homogenitas data dilakukan dengan uji *Levene Test*. Didapatkan hasil bahwa data terdistribusi normal dan homogen ($P > 0,05$), kemudian dilakukan uji parametrik menggunakan metode *One-Way Anova* ($p \leq 0,05$). Dengan uji lanjutan menggunakan uji *Least Significance Different* (LSD) dengan nilai $p \leq 0,05$.

3.9 Alur Penelitian



Gambar 3.3 Diagram alur penelitian

Keterangan Bagan:

—————> : Efek Perlakuan

- - - - -> : Hasil uji merupakan data *pretest*

BAB 5 . KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat pelepasan ion Fe dari kawat *stainless steel* ortodonti yang direndam dalam saliva buatan, air mineral dan saliva buatan ditambah dengan minuman berkarbonasi (Coca Cola).
2. Kawat *stainless steel* ortodonti yang direndam dalam minuman berkarbonasi (Coca Cola) mengalami peningkatan pelepasan ion Fe yang signifikan jika dibandingkan dengan kawat *stainless steel* ortodonti yang direndam dalam saliva buatan serta pada air mineral.

5.2 Saran

Saran dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui gambaran permukaan dan sifat kawat *stainless steel* ortodonti setelah ion Fe terlepas.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai jumlah pelepasan ion Fe pada kawat *stainless steel* ortodonti pada jangka waktu yang berbeda dan waktu puncak pelepasan ion Fe terbanyak.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai uji sifat dan kekuatan mekanik setelah ion Fe terlepas.

DAFTAR PUSTAKA

- Aagotnes, NO., Hemmingsen, T., Haarseth, C., Midttveit, I. 1999. Comparison of Corrosion Measurement by Use of AC- Impedance, LPR, and Polarization method on Carbon Steel in CO₂ Purged NaCl Electrolytes. *Corrosion 2000 Paper 7*, Houston : TX, Nace
- Achmad, Hiskia. 2001. *Kimia Unsur dan Radiokimia*. Bandung: PT. Citra Aditya Bakti.
- Ahmad, Z. 2006. *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control*. Oxford United Kingdom: Elsevier Science & Technology Books.
- Alicia, Meika. 2014. Analisa Kinerja Storytelling Terhadap Brand Equity Pada Produk Minuman Berkarbonasi Merek Coca Cola. *Jurnal Repository UPI*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Al-Joubory HM. 2001. The Corrosion Behavior and the Biological Effect of Fixed Orthodontic Appliance in Artificial Saliva Solution. Thesis. Baghdad: University of Baghdad
- Almeida, PDV., Gregio, AMT., Lima, AAS., Azevedo, LR. 2005. Saliva Composition and Function: A Comprehensive Review. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 9 (3):1-11.
- Anne-Marie B, Cunha-Cruz J, Bakko DW, Huang GJ, Hujoel PP. 2008. The effect of orthodontic therapy on periodontal health: A systematic review of controlled evidence 139: 413-422. *J Am Dent Assoc*.
- Ariady, R.F. 2015. *Pengaruh Perendaman Dalam Minuman Ringan Teh dan Saliva Buatan Terhadap Pelepasan Ion Nikel Kawat Ortodonti Thermal Nikel Titanium*. Tidak diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Aryani, I. 2012. Perbandingan Tingkat Ketahanan Korosi Beberapa Braket Stainless Steel Ditinjau dari Lepas Ion Cr dan Ni. Tesis. Jakarta: Universitas Indonesia
- ASTM, I. 2004. *Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*, G 31-72 Badan Pusat Statistik. 2004. *Profil Usaha Kecil Menengah Sumatera Utara*. Medan : BPS.

- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2005. *Asosiasi Industri Minuma Ringan*. Jakarta : BSN
- Bahirrah, S. 2004. *Pergerakan Gigi Dalam Bidang Ortodonsia Dengan Alat Cekat*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Bardal, E. 2004. *Corrosion and Protection*. United Stated of America: Springer-Verlag London Limited; Chapter 1, Introduction; p.14.
- Bishara, S.E. 2001. *Textbook of Orthodontics*. United States of America : W.B. Saunders Company
- Boybul dan Iis Haryati. 2009. Analisis Unsur Pengotor Fe, Cr, Dan Ni Dalam Larutan Uranil Nitrat Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. *Sdm Teknologi Nuklir*. ISSN 1978-0176. Yogyakarta: STTN-BATAN
- Brantley, W.A. dan Eliades, T. *Orthodontic material: scientific and clinical aspects*. Germany: Stuttgart. 2001; 288 : 77-105.
- Broekaert, Jose A.C. 2002. *Analytical Atomic Spectrometry with Flames and Plasmas*. USA:Mishawaka.
- Callister, T.P. 2012. *Fundamental of materials science and engineering: an integrated approach*. Ed 5. New York: John Wiley & Son, Inc. 205-6.
- Champbell, M. K., Farrell, S. O. 2010. *Biochemistry*. Canada : Cengange Learning.
- Chandra, E.M., Gufraeni, R. 2009. Kajian Ekstensifikasi Barang Kena Cukai pada Minuman Ringan Berkarbonasi. *Jurnal Ilmu Administrasi dan Organisasi*. 16(3): 170-179.
- Crocker Nuclear Laboratory. 2015. *Improve Standard Operating Procedure for the X-Ray Fluorescence Analysis of Aerosol Deposits on PTFE Filters (with PANalytical Epsilon 5) SOP 301. Version 2.1*. Davis:University of California.
- Daniel, W.W. 2009. *Biostasistic a Foundation for Analisis in The Health Science*. 9th Edition. Georgia : Willey.

- Darvell, BW. 2002. *Material Science for Dentistry*. Seventh Edition. Hongkong : Darvell BW
- Departemen Kesehatan RI. 2010. *Keputusan Menteri Kesehatan RI No.492/Per/ Menkes/ IV/ 2010 Tentang Syarat – syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum*. Jakarta: Pusat Laboratorium Kesehatan Depkes Republik Indonesia.
- Dewi, Ricma. 2014. Penentuan Kondisi Optimum pada Pembentukan Kompleks Fe(III)-Fenantrolin dengan Spektrofotometri UV-Vis. *Skripsi*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dincer, B., Hazar, S., Sen, BH. 2002. *Scanning Electron Microscope Study of The Effects of Soft Drinks on Etched and Sealed Enamel*. J. Am Orthod Dent. Orthoped. 122(2): 135-141.
- Dundu, M.A.J., G. Aditya, dan E. Hadianto. 2017. Pengaruh Larutan Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle L.*) 50% Terhadap Pelepasan Ion Metal (Ni, Cr, dan Fe) Pada Breket Ortodontik. *Odonto Dental Jurnal*. Vol 4 No. 1.
- Eliades, T., Athanasiou, A.E. 2002. In Vivo Aging of Orthodontic Alloys: Implications for Corrosion Potential, Nickel Release, and Biocompatibility. *Angle Orthodontics*; 72(3):222–237.
- Eviliananingtyas, E. 2014. *Pengaruh Minuman Berkarbonasi Terhadap Kadarureum Darah Mencit (Mus musculus) galur Swiss Webster*. Naskah publikasi. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ferdiyanti, Siska. 2014. Analisis Anggaran Dan Realisasi Penjualan Pada PT Coca Col Amatil Indonesia Area Penjualan Cibitung. *Naskah Publikasi*. Jakarta: Universitas Gunadharma.
- Feroza, N.A., Kusuma D.K.F., Wibowo, Diana. 2017. Hubungan Antara Kebiasaan Buruk Bernafas Melalui Mulut Dan Tingkat Keparahan Maloklusi Di Smpn 4 Banjarbaru Dan Sman 4 Banjarbaru. *Banjarmasin: Dentino (Jur. Ked. Gigi)*, Vol II. No 1. 39 – 43
- Fontana, M. G. 1987. *Corrosion Engineering*. Third Edition. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Foster, T.D. 1997. *A Textbook of Orthodontics*. Third Edition. Terjemahan oleh L. Yuwono. 2016. *Buku Ajar Ortodonsi Edisi 3*. Jakarta: EGC.

- Hutapea, G.C. 2016. Perbandingan Kadar Glukosa Darah Setelah Mengonsumsi Coca-Cola Reguler dan Coca-Cola Zero Pada Populasi Non-Diabetes. *Laporan Hasil Penelitian Karya Tulis Ilmiah*. Semarang: Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.
- Indriyanto, R. 2012. Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Pada Pengelasan Bimetal (Stainless Steel A 240 Type 304 Dan Carbon Steel A 516 Grade 70) Dengan Elektroda E 309-16[*Skripsi*]. Lampung: Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Johnsen, R. 2004. *Corrosion of Carbon Steel in Hydrocarbon Environments*. Norway. NTNU Institute of Engineering Design and Material.
- Kartoyo, P., Purnamawati, S.P. 2003. *Pengaruh Penimbunan Besi Terhadap Hati Pada Thalassemia*. Jakarta : Sari Pediatri, Vol. 5 No. 1. Juni 2003 : 34-38.
- Khomsan, A. 2003. *Pangan dan Gizi untuk Kesehatan*. Jakarta : PT Raja Grafindo Persada.
- Khopkar, S.M. 2008. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI Press.
- Kirkpatric, CJ., Barth, S., Gerdes, T., Krump, KV., Peters, K. 2002. *Pathomechanism of Impaired Wound Healing by Metallic Corrosion Products* (On line). *PubMed.gov US.International Library of Medicine National Institute of Health*. Abstract from: Mund Kiefer Gesichtschir. 6(3): 183-190.
- Kristianingrum, S. 2012. Kajian Berbagai Proses Destruksi Sampel Dan Efeknya. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Kuhta, M., Pavlin D., Slaj, M., Varga S., dan Varga, M.L.. 2009. Type of Archwire and Level of Acidity: Effects on the Release of Metal Ions from Orthodontic Appliances, *Angle Orthod* ., 79(1): 102–10.
- Lee, Hsin.T., Huang, T.K., Lin, S.Y., Chen, L.K., Chou, M.Y., Huang, H.H. 2010. *Corrosion Resistance of Different Nickel-Titanium Archwires in Acidic Fluoride-Containing Artificial Saliva*. *Angle Orthodontist*. 80(3): 547-553.

Lombo, C. G., Anindita, P. S., & Juliatri. (2016). Uji pelepasan ion nikel dan kromium pada beberapa braket stainless steel yang direndam di air laut. *Jurnal e-GiGi*, 4(1): 28-32.

Ludang, Ruben Rega. 2012. Pengembangan Material Biologi Baja Mangan (25% dan 35%) Diproduksi Melalui Metode Metalurgi Serbuk. *Skripsi*. Depok: Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Machfudzoh, PA. 2014. *Efektivitas Ekstrak Daun Belimbing Wuluh sebagai Bahan Inhibitor Korosi pada Kawat Ortodonti Berbahan Dasar Nikel-Titanium [Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa]*. Jember: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Manivasagam, Geetha, Durgalakshmi Dhinasekaran dan Asokamani Raja manickam. 2010. Biomaterial Implan: Corrosion and its Prevention – A Review. *Recent Patents on Corrosion Science* 2.

Matasa, C.G. 2000. The Orthod from Now On, It's Just Up to You to Fight Your Patient's Nickel Allergies. *The Orthodontic Material Insider*. 13(3).

Maulindha, W.T.2016. *Perbandingan Lepasn Ion Nikel Kawat NiTi Non Coated dan NiTi Coated Pada Perendaman Di Dalam Minuman Berkarbonasi dan Saliva Artifisial*. Tidak diterbitkan. Skripsi. Jember:Universitas Jember.

McLaughlin, Bennett, Trevisi. 2002. *Systemized orthodontic treatment mechanics*. Mosby: 3-10.

Minanga, M. A., Anindita, P. S., & Juliatri. (2016). Pelepasan Ion Nikel Dan Kromium Braket Ortodontik Stainless Steel Yang Direndam Dalam Obat Kumur. *Pharmacon Jurnal Ilmiah Farmasi*, 5(1): 135-141.

Muslimah, H. 2015. Korosi pada besi published by : Slideshares. <https://www.slideshare.net/haelismuslimah/korosi-pada-besi>. di akses 17 Juni 2017

Nazari, H., Allahkaram, S.R. dan Kermani, M.B. 2010. *The Effects of temperature and pH on the characteristics of corrosion product in CO2 corrosion of grade X70 Steel*. University of Tehran. Iran.

Notoatmodjo, S. 2010. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta.

- O'Brien, J. William. *Dental Materials and Their Selection ed.3rd.* 2002. Quintessence Publishing
- Paulsson L, Soderfeldt B, Bondenmark L. 2008. *Malocclusion traits and orthodontic treatment needs in prematurely born children.* Angle Orthodontist;78(5):786-9.
- Phillips, R.W. 2003. *Skinner's science of dental materials.* Ed 11. Philadelphia, London, Toronto: WB Saunders Company.
- Prasetyo, E.A. 2005. *Keasaman Minuman Ringan Menurunkan Kekerasan Permukaan Gigi.* Maj. Ked. Gigi. (*Dent J*), 38(2): 60-63.
- Prasetyo, Yudi. 2012. Biomaterial Mampu Luruh Berbasis Fe-Mn-C Diproduksi Melalui Proses Metalurgi Serbuk Besi, Mangan dan Karbon. *Skripsi.* Depok: Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Rachmasari, N.A., dan R.D. Sugiarto. 2017. Analisis Ion Cd (II) Pada Penentuan Ion Fe(II) dengan Pengompleks 1,10-Fenantrolin Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Sains dan Seni ITS.* Vol.6. No.1. C5-C10.
- Rahardjo, P. 2008. *Diagnosis Ortodonti.* Surabaya: Airlangga University Press.
- Rahardjo, P. 2012. *Ortodonti Dasar. Ed 2.* Surabaya: Airlangga University Press.
- Rasyid, N.I., Pudyanti, P.S., Heryumani, J.C.P.. 2014. *Pelepasan Ion Nikel Dan Kromium Kawat Australia Dan Stainless Steel Dalam Saliva Buatan.* Yogyakarta: Dent. J. (Maj. Ked. Gigi), Volume 47, Number 3, hal. 168–172
- Reddy, A. Don F. Norris, Stephanie S, Belinda Waldo, Jogn D. Ruby. 2016. The pH of Beverages In The Unites States. *Article in Press.* Hal. 5. Chicago: American dental Association.
- Rohman, Abdul. 2007. *Kimia Farmasi Analisis.* Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Sari, N.K. 2010. *Analisa Instrumentasi. Cetakan Pertama.* Klaten: Yayasan Humaniora.
- Satria, T. 2015. Pembuatan Karbon Aktif Dari Batubara Subbituminus Sebagai Bahan Penyerap Kadar Ion Besi (Fe) Dan Tembaga (Cu) Pada Limbah Cair

Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.

Schmaltz G. Arenholt-Bindslev D., 2009, Biocompatibility of Dental Materials, Springer-Verlag, Berlin: 224-225.

Setiabudi, A. 2012. Kimia Material dan Aplikasinya Untuk Katalisis, Konversi Biomassa, dan Proses Lainnya (*Position paper*). Universitas Pendidikan Indonesia.

Sharma, SK. 2012. *Green corrosion Chemistry and Engineering: Opportunities and Challenges*. First Edition. Germany : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.

Shreir, L.L., Jarman, R.A., Burstein, G.T., 2000. *Corrosion Metal/Environment Reaction*. Britain : Butterworth Heinemann.

Silaen, D.A. 2015. Pengaruh pH Saliva Terhadap Pelepasan Ion Nikel Pada Beberapa Jenis Braket Stainless Steel Dalam Saliva Buatan (In Vitro). *Tesis*. Medan: FKG USU.

Singh, Gurkeerat. 2007. *Textbooks of Orthodontics. Second Edition*. New Delhi : Jaypee.

Sinha, K. dan Nanda, R.S. 2001, Fixed Edgewise Orthodontic Appliances and Bonding Technique, dalam Bishara, S. E., *Textbook of Orthodontics*, WB saunders Co. Philadelphia., pp.186-207

Skriptiana, N.R. 2009. *Hubungan antara pengetahuan gizi, pengaruh teman sebaya, pengaruh media massa dan faktor lain dengan konsumsi minuman ringan berkarbonasi pada siswa-siswi SMPIT Nurul Fikri tahun 2009*[skripsi]. Depok(ID): FKM UI.

Sopiah, Siti. 2008. Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Elektrolisis Larutan CuSO₄ Sebagai Bahan Kajian Dalam Pembuatan Modul Praktikum dan Pembelajaran Elektronik[Tesis]. Bandung(ID): Program Studi Kimia ITB.

Sukirno, Agus Taftazani dan Sumining. 2003. Evaluasi Presisi dan Akurasi Hasil Analisis Fe, Ti dan Ce dengan Metode XRF. *Prosiding Seminar Nasional VI "Kimia dalam Pembangunan"*. Yogyakarta : PTAPB-BATAN.

- Sumule, I., Anindita, P. S., & Waworuntu, O. A. (2015). Pelepasan Ion Nikel Dan Kromium Braket Stainless Steel Yang Direndam Dalam Minuman Berkarbonasi. *Jurnal e-GiGi (eG)*, 3(2): 464-468.
- Tahmassebi JF, Duggal MS, Malik-Kotru G, Curzon ME. *Softdrinks and Dental Health: A review of current literature. J Dent.* 2006;24(1):2-11.
- Turkun, M. 2003. *Color Changes of Three Veneering Composite resin After Staining, Bleaching, and Polishing Procedure. Thesis.* Turkey: Department of Restorative Dentistry and Endodontics University Turkey
- Winkelmayer, W.C., Stampfer, M.J., Willett, W.C., Curhan, G.C. 2005. *Habitual Caffeine Intake and The Risk of Hypertension in Women. JAMA.* 294(18): 2330–2335.
- Wiryan, A., R. Rurini., A, Sabarudin. 2007. *Kimia Analitik.* Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Yip, HHY., Wong, RWK., Hagg, Urban. 2009. *Complication of Orthodontic Treatment : Are Softdrinks A Risk Factor?. J. World Orthod* 2009;10:33
- Zulkhan, Hasan, B. 2013. *Kepentingan Mengetahui Bahan Tambahan Pangan (BTP) Secara Detail.*
- Zumdahl, Steven S., S.A. Zumdahl. *Study Guide Chemistry Fifth Edition.* Chapter 17.6 Corrosion. USA: Northern Illinois University. <https://sites.google.com/a/ramapocentral.net/ap-chemistry/chapter-17/electrochemistry/corrosion>. diakses 17 Juni 2017.

LAMPIRAN

A. Perhitungan Jumlah Sampel Penelitian

Daniel (2009) menyatakan rumus besar sampel penelitian minimal yang digunakan sebagai berikut:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{\alpha^2}$$

Keterangan:


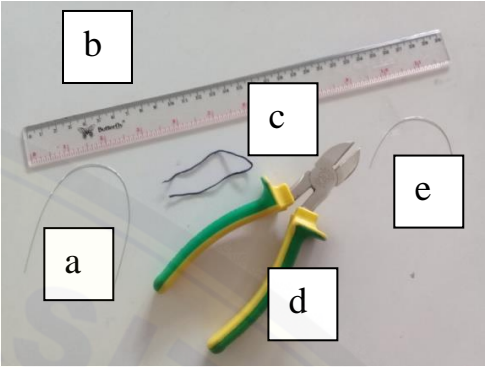
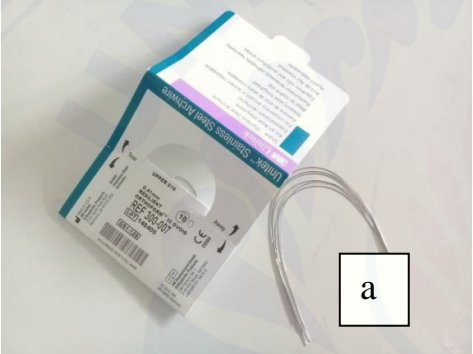


- n = besar sampel minimum
Z = nilai Z pada tingkat kesalahan tertentu (α); jika $\alpha = 0,05$
maka nilai Z adalah $Z = 1,96$ (*2-tailed*) dan $Z = 1,64$ (*1-tailed*)
 σ = standart deviasi (SD) penelitian sejenis
 α = kesalahan yang masih ditoleransi

Dengan asumsi bahwa kesalahan yang masih dapat diterima (σ) sama besar dengan (α) maka:

$$n = \frac{(1,96)^2 \sigma^2}{\alpha^2} = (1,96)^2 = 3,84 \approx 4$$

Jadi besar sampel minimal yang diperlukan berdasarkan rumus adalah 4 sampel pada setiap kelompok. Pada penelitian ini terdapat 3 kelompok yaitu 2 kelompok kontrol dan 1 kelompok perlakuan, sehingga jumlah sampel secara keseluruhan berjumlah 12 sampel.

B. Alat dan Bahan Penelitian

 <p>(1)</p>	 <p>(2)</p>
 <p>(3)</p>	 <p>(4)</p>
 <p>(5)</p>	<p>Keterangan:</p> <p>(1) Spidol penanda (Artline, Jepang)</p> <p>(2) a. Kawat Stainless Steel Ortodonti yang masih utuh b. Penggaris (Butterfly, China) c. Benang d. Tang potong (Tekiro, Jepang) e. Kawat Stainless Steel yang sudah dipotong dengan panjang 11,6 cm</p> <p>(3) Kawat Stainless Steel Ortodonti yang masih utuh</p> <p>(4) Pinset (Marwa Stainless, India)</p> <p>(5) pH meter digital (Hanna Instruments)</p>



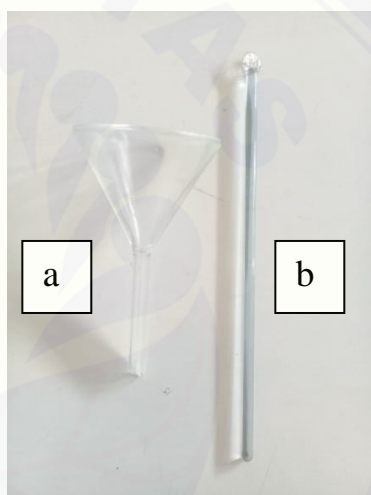
(6)



(7)



(8)



(9)



(10)

Keterangan:

- (6) Kawat Stainless Steel yang sudah dipotong dengan panjang 11,6 cm
- (7) *Beaker glass* (Pyrex, Indonesia)
- (8) Gelas ukur 25 ml (Pyrex, Indonesia)
- (9) a. Corong
b. Pengaduk
- (10) Inkubator (Binder, USA)



(11)



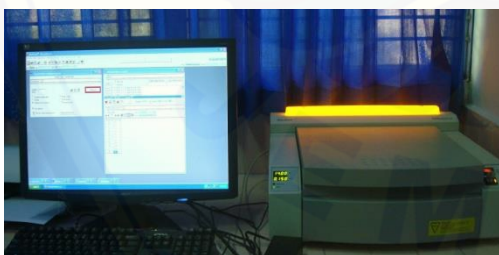
(12)



(13)



(14)



(15)

Keterangan:

- (11) *Aluminium foil* (KlinPak)
- (12) Saliva buatan pH 7,0
(SMF, Surabaya)
- (13) Air mineral merk Aqua pH 7,0
- (14) Minuman berkarbonasi Coca Cola
rasa original pH 2,3-3,0 (PT.
Coca Cola Amatil Indonesia)
- (15) XRF/X-Ray *Fluorescence* (Mini-
Pal 4 PANalitycal)

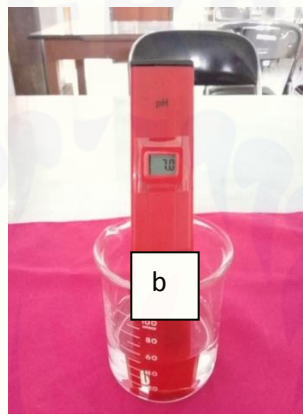
C. Pelaksanaan Penelitian



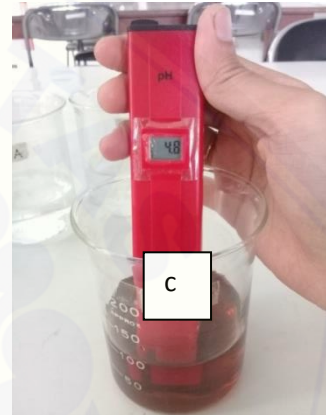
(1)



a

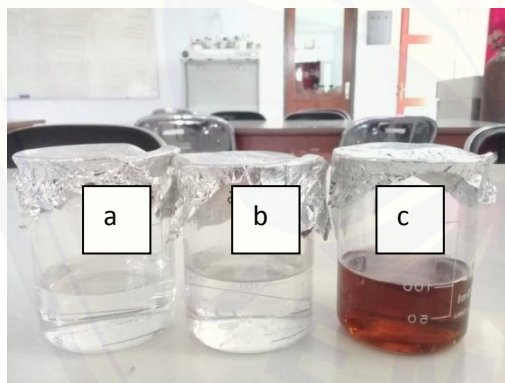


b



c

(2)

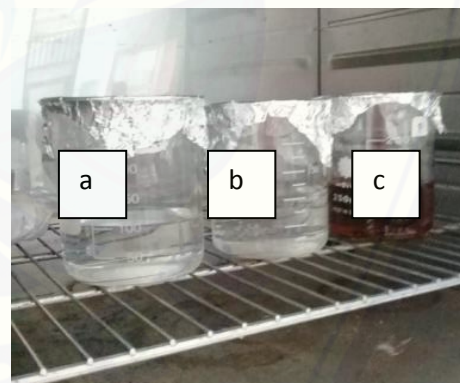


a

b

c

(3)



a

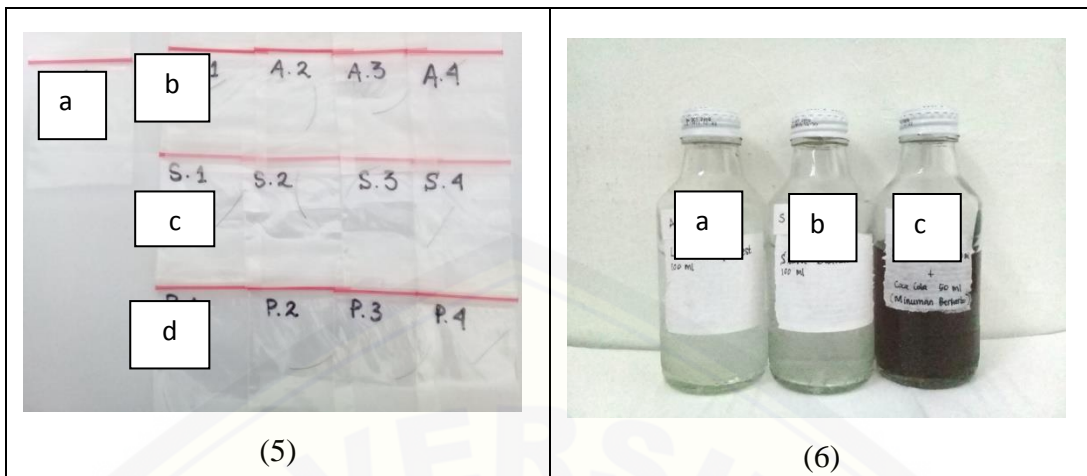
b

c

(4)

Keterangan:

1. Persiapan larutan
2. Pengukuran pH larutan; a) kelompok kontrol (-), b) kelompok kontrol (+), c) kelompok perlakuan
3. Masukkan kawat kemudian, *beaker glass* ditutup menggunakan *aluminium foil*
4. Masukkan ke dalam inkubator selama 4 jam dengan suhu 37°C



Keterangan:

5. a. Sampel (kawat sebelum perlakuan) dipotong dengan ukuran 2,5 cm
- b. Sampel (kawat yang direndam dalam larutan air mineral merk Aqua pH 7,0) dipotong menjadi 4 dengan ukuran 2,5 cm
- c. Sampel (kawat yang direndam dalam larutan saliva buatan pH 7,0) dipotong menjadi 4 dengan ukuran 2,5 cm
- d. Sampel (kawat yang direndam dalam larutan saliva buatan + Coca Cola dengan pH campuran 4,8) dipotong menjadi 4 dengan ukuran 2,5 cm
6. Larutan hasil perendaman di tuangkan ke botol kaca untuk selanjutnya larutan akan diuji menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

D. Volume Perendaman Sampel

Jumlah larutan perendaman mengacu pada standard ASTM G31-72 yang menyatakan jumlah larutan pengkorosi untuk setiap mm^2 luas permukaan adalah sebesar 0,2 ml.

Volume Larutan = 0,2 x luas permukaan sampel uji

Sampel berupa kawat stainless steel berpenampang bulat dengan diameter 0,016 inchi setara dengan 0,406 mm, sehingga dimensi kawat keseluruhan:

r (jari-jari)=0,203 mm

t = 11,6 cm=116mm.

$$\begin{aligned}\text{Luas permukaan sampel} &= 2(\pi r^2) + 2\pi r t \\ &= 2(3,14 \times 0,203^2) + 2 \times 3,14 \times 0,203 \times 116 \\ &= 0,251 + 147,881 = 148,132 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka, volume minimal} &= 148,132 \times 0,2 \text{ ml} \\ &= 29,6 \text{ ml}\end{aligned}$$

Karena volume minimal larutan perendaman 29,6 ml. Maka, untuk memenuhi standart minimal volume pada alat uji AAS, maka larutan perendaman disesuaikan menjadi 100 ml.

E. Pengkonversian Waktu Perendaman Sampel

Berdasarkan penelitian sebelumnya, diketahui waktu rata-rata untuk satu kali konsumsi minuman berkarbonasi adalah 5 menit (Dincer *et al*, 2002). Semetara itu, rata-rata remaja di Indonesia dapat mengkonsumsi minuman berkarbonasi sebanyak 2 botol/kaleng setiap minggunya (Skriptiana, 2009).

Maka perendaman selama 7 hari setara dengan konsumsi minuman berkarbonasi selama 1008 hari didapatkan dari perhitungan menggunakan metode Turkun (2003) :

$$\frac{(7 \times 24 \text{ jam} \times 60 \text{ menit})}{2 \text{ botol} \times 5 \text{ menit}} = 1008 \text{ hari}$$

Sehingga apabila pemakaian kawat ortodonti berbahan *stainless steel* rata-rata dalam jangka waktu 6 bulan atau 168 hari (Bishara, 2001) setara dengan:

$$\begin{array}{r} \frac{24 \text{ jam}}{\times \text{jam}} = \frac{1008 \text{ hari}}{168 \text{ hari}} \\ \times \quad = 4 \text{ jam} \end{array}$$

F. Kadar Ion Logam Pada Sampel Sebelum Perlakuan

08-nov-2017 11:45:52

Sample results

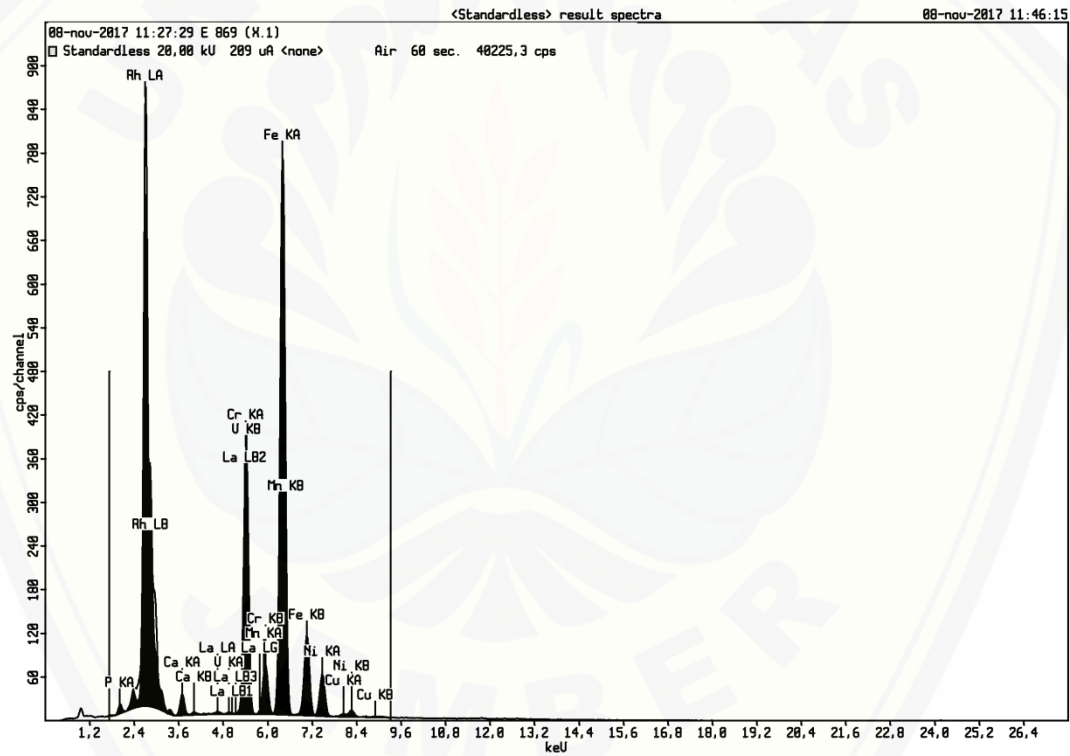
Page 1

Sample ident
E 869 (X.1)

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	08-nov-2017 11:27:29
Position	8

Compound	P	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	La
Conc	4,3	2,5	0,1	17,9	1,5	65,2	7,82	0,57	0,2
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%

1. Hasil Uji



2. Spectra

G. Hasil Uji Jumlah Ion Fe Pada Larutan Perendaman Menggunakan Alat Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

Kadar Fe dalam sampel

$$y=0,0017x-0,0002$$

$$x=(Y + 0,0002)/0,0017$$

Sampel	Abs	Konsentrasi	Rerata (ppm)
Saliva Buatan	0,007	4,24	3,65
	0,006	3,65	
	0,005	3,06	
Air Mineral	0,006	3,65	3,06
	0,005	3,06	
	0,004	2,47	
Coca cola + Saliva Buatan	0,008	4,82	5,21
	0,009	5,41	
	0,009	5,41	

H. Hasil Uji Kadar Ion Fe Yang Terdapat Pada Kawat *Stainless Steel* Ortodonti Setelah Perlakuan

09-nov-2017 09:47:23

Sample results

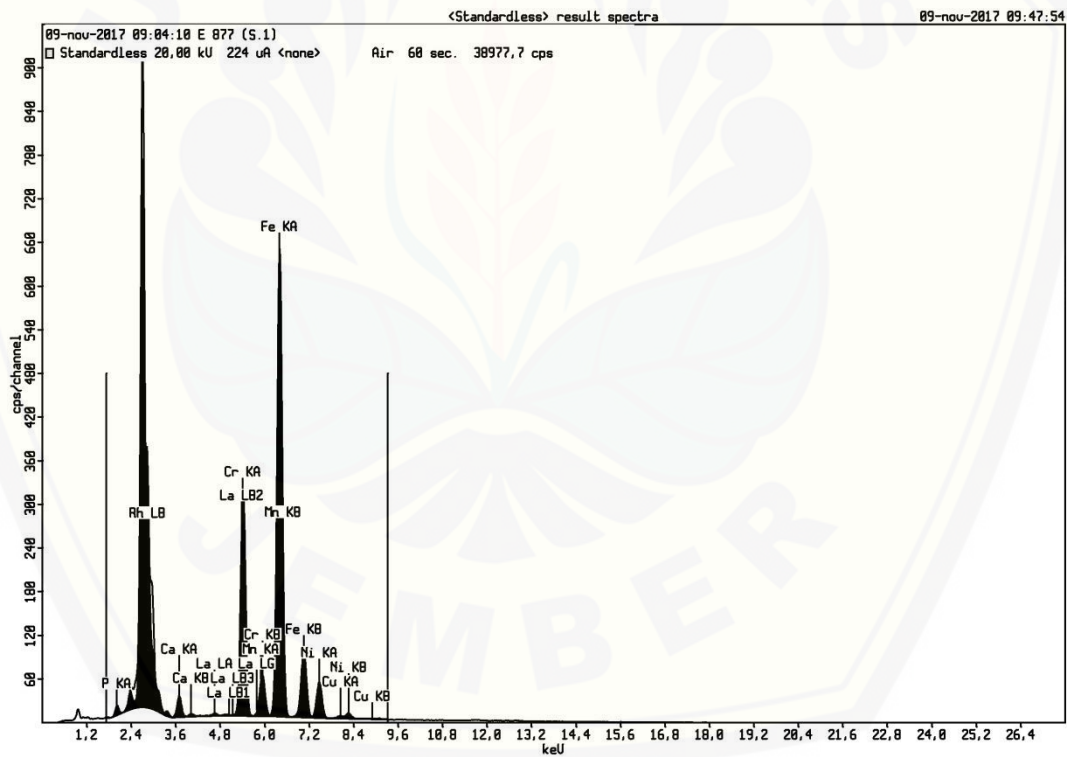
Page 1

Sample ident	
E 877 (S.1)	

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	09-nov-2017 09:04:10
Position	7

Compound	P	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	La
Conc	5,1	2,91	17,8	1,5	63,8	7,83	0,61	0,4
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%

a. Hasil Uji



b. Spectra

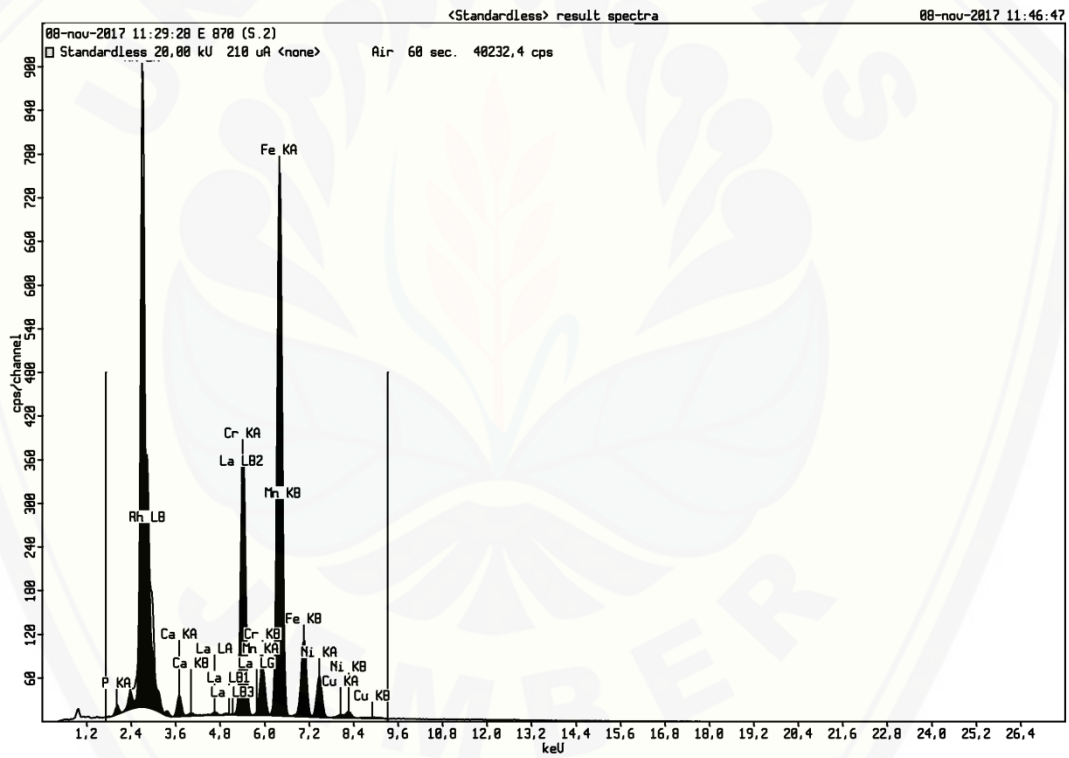
Sample results

Sample ident	
E 870 (S.2)	

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	08-nov-2017 11:29:28
Position	9

Compound	P	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	La
Conc	4,4	2,50	17,9	1,5	64,9	7,84	0,62	0,4
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%

a. Hasil Uji



b. Spectra

09-nov-2017 09:49:06

Sample results

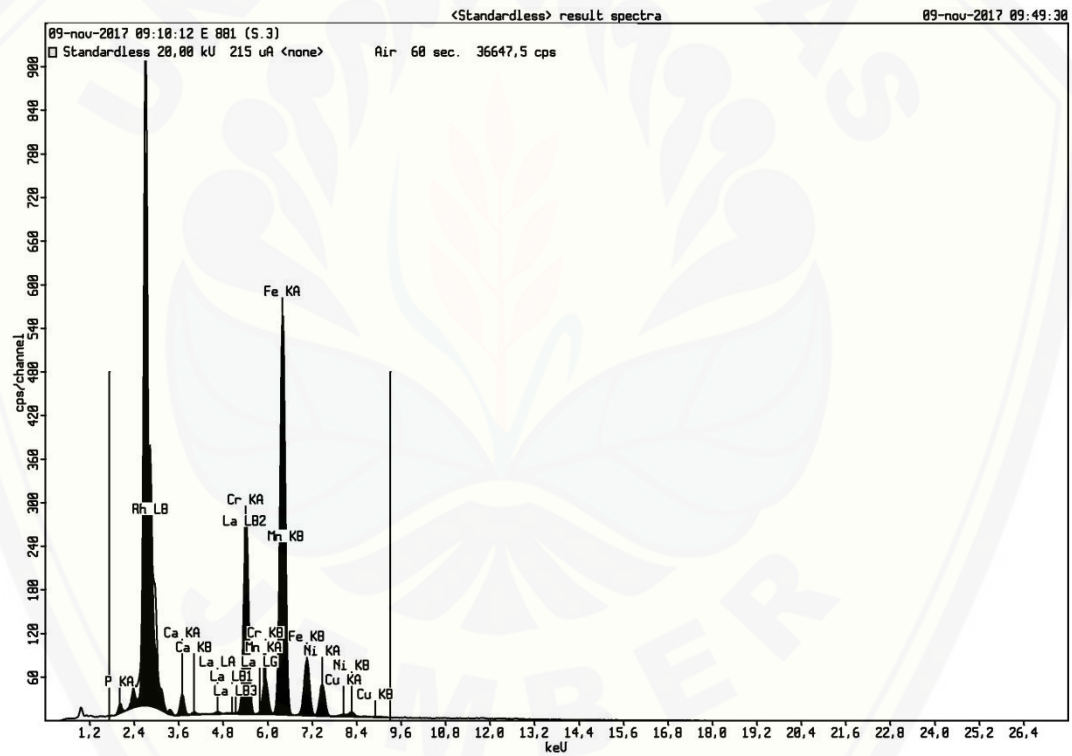
Page 1

Sample ident	
E 881 (S.3)	

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	09-nov-2017 09:10:12
Position	10

Compound	P	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	La
Conc	5,7	3,3	17,7	1,5	62,9	7,89	0,63	0,4
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%

a. Hasil Uji



b. Spectra

09-nov-2017 09:48:33

Sample results

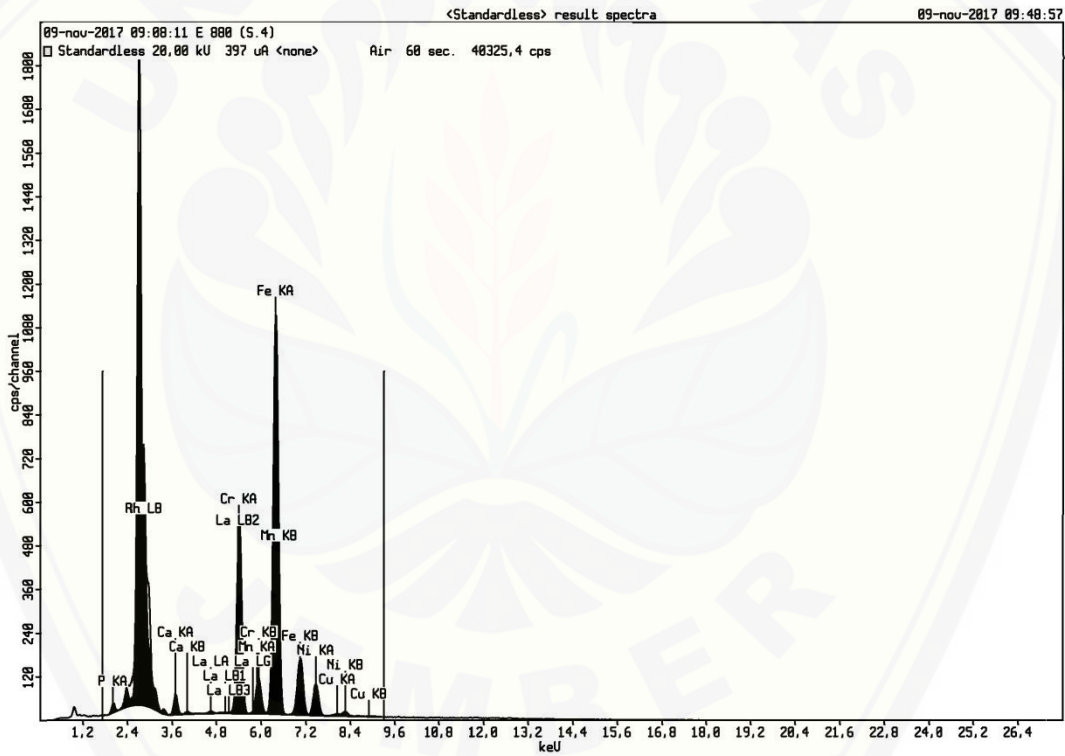
Page 1

Sample ident	
E 880 (S.4)	

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	09-nov-2017 09:08:11
Position	9

Compound	P	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	La
Conc	5,7	3,3	17,7	1,5	62,9	7,89	0,63	0,4
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%

a. Hasil Uji



b. Spectra

24-nov-2017 11:46:23

Sample results

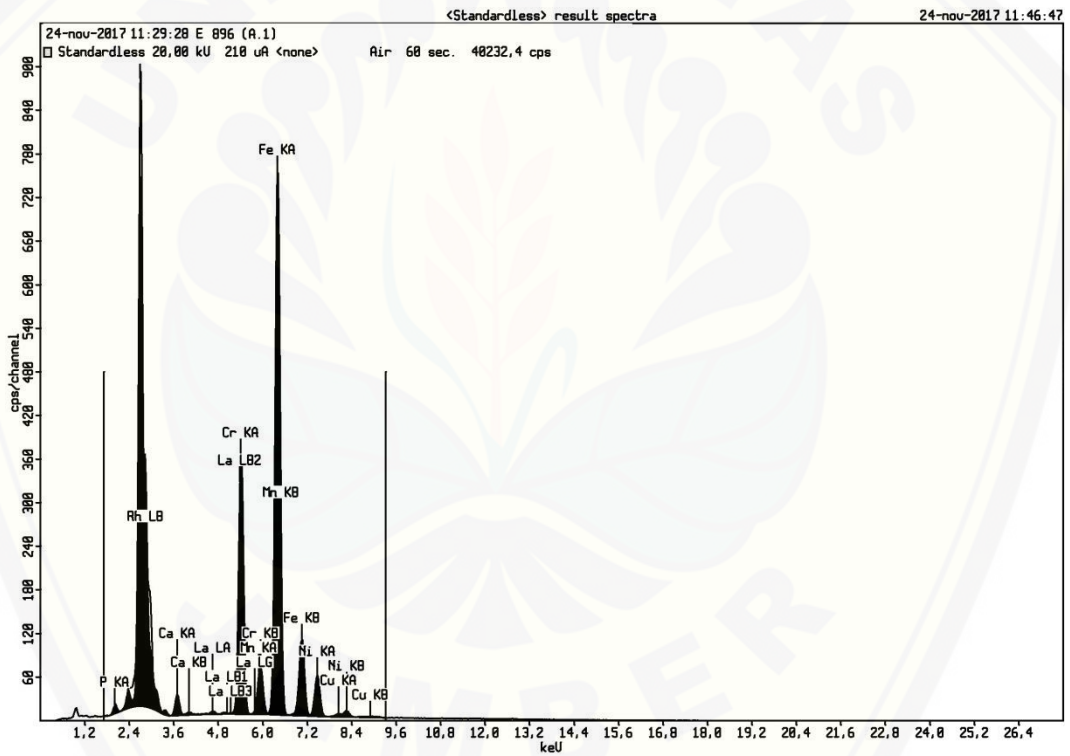
Page 1

Sample ident	
E 896 (A.1)	

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	24-nov-2017 11:29:28
Position	9

Compound	P	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	La
Conc	4,4	2,50	17,9	1,5	64,9	7,84	0,62	0,4
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%

a. Hasil Uji



b. Spectra

24-nov-2017 09:45:13

Sample results

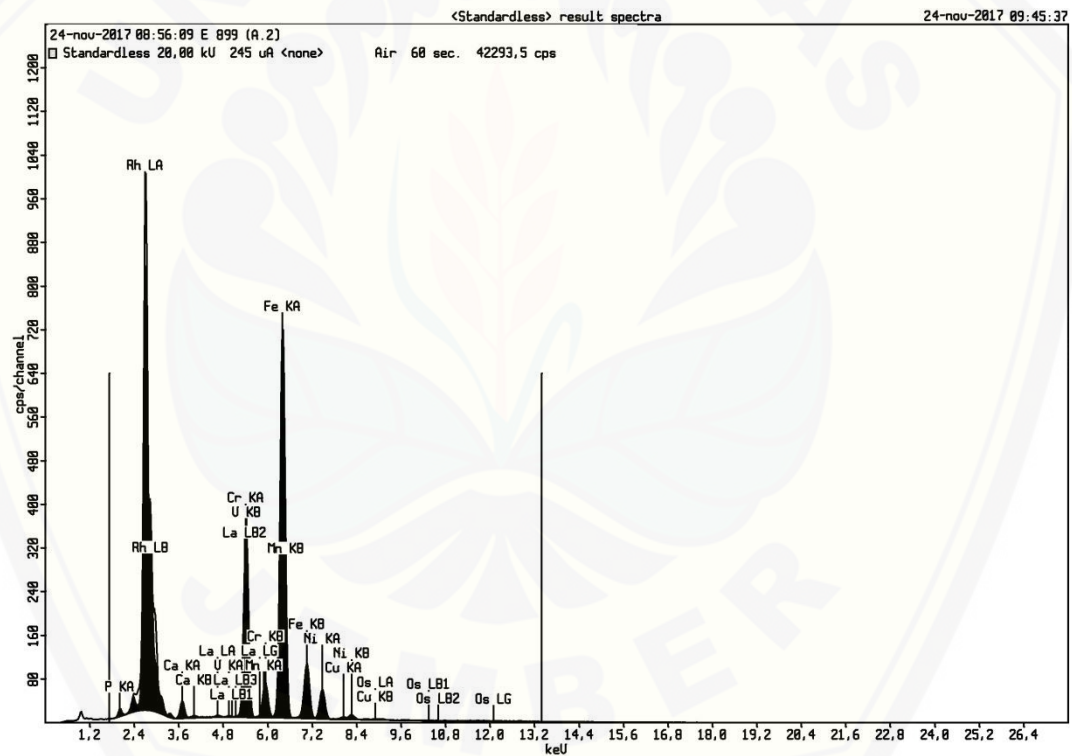
Page 1

Sample ident	
E 899 (A.2)	

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	24-nov-2017 08:56:09
Position	3

Compound	P	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	La	Os
Conc	4,9	2,89	0,13	17,8	1,5	63,6	7,64	0,62	0,3	0,7
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

a. Hasil Uji



b. Spectra

24-nov-2017 09:46:19

Sample results

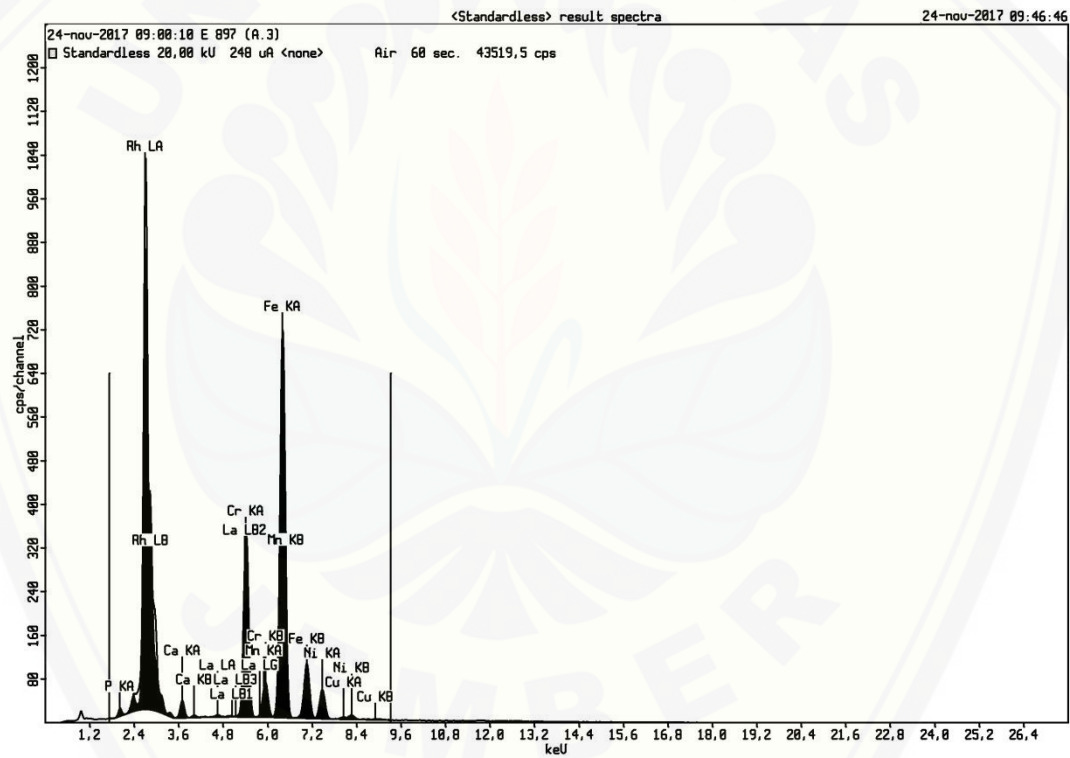
Page 1

Sample ident	
E 897 (A.3)	

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	24-nov-2017 09:00:10
Position	5

Compound	P	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	La
Conc	5,0	2,81	17,7	1,5	64,3	7,71	0,60	0,4
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%

c. Hasil Uji



d. Spectra

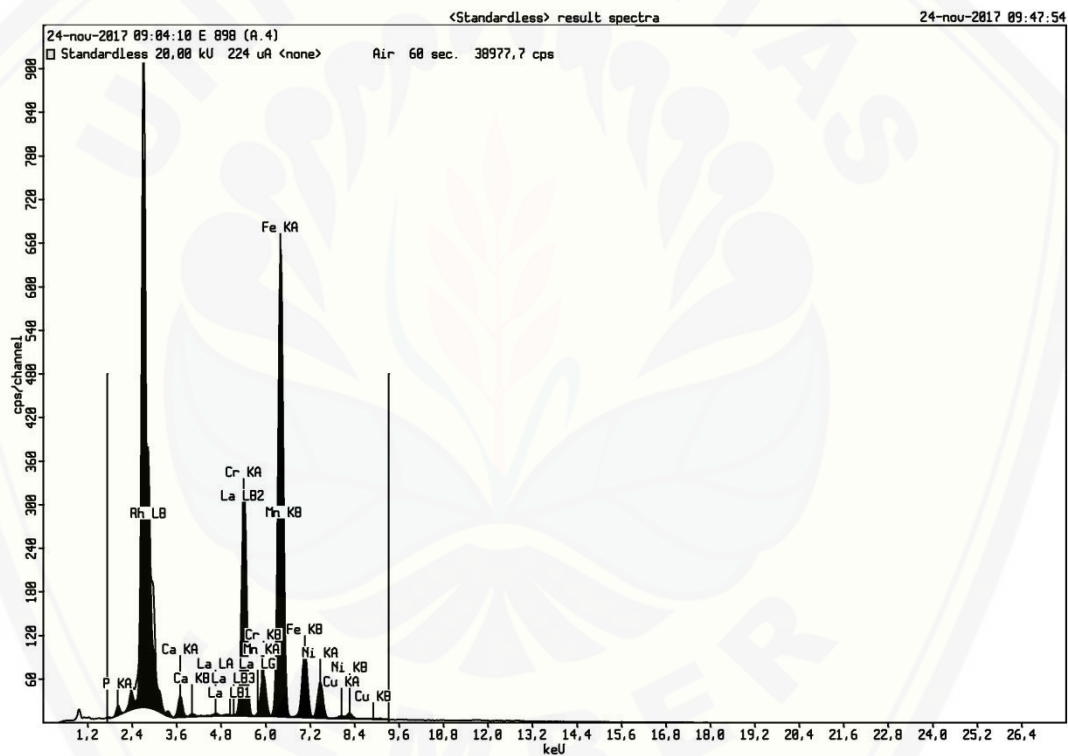
Sample results

Sample ident	
E 898 (A.4)	

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	24-nov-2017 09:04:10
Position	7

Compound	P	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	La
Conc	5,1	2,91	17,8	1,5	63,8	7,83	0,61	0,4
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%

a. Hasil Uji



b. Spectra

08-nov-2017 11:45:08

Sample results

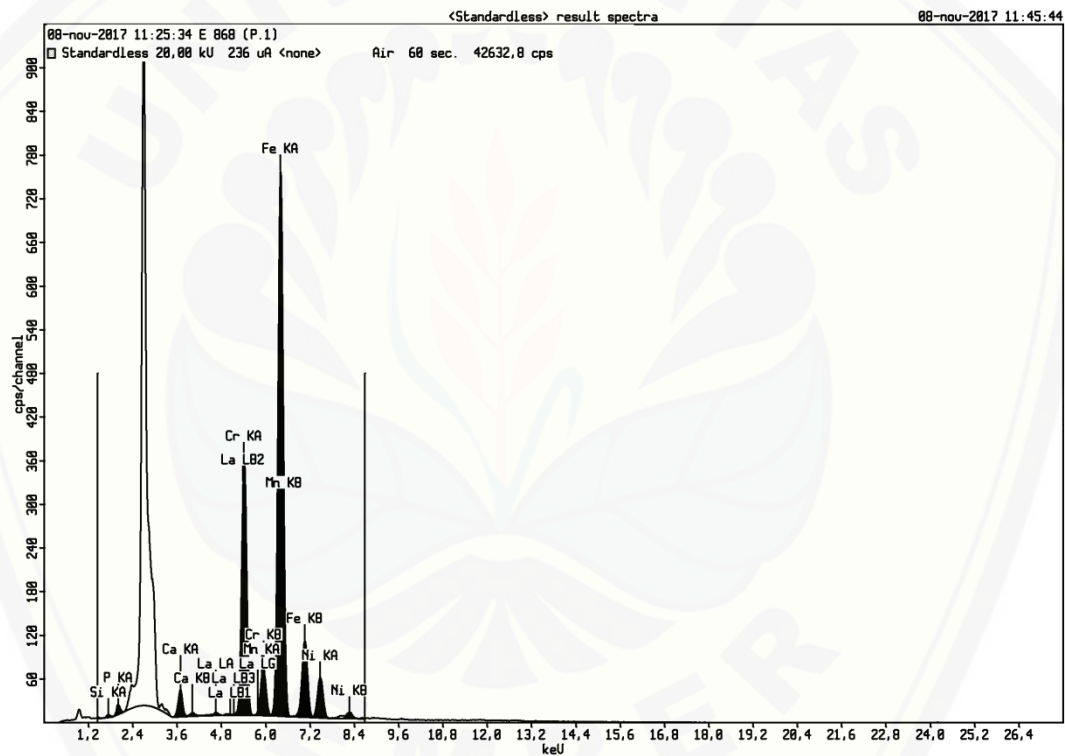
Page 1

Sample ident	
E 868 (P.1)	

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	08-nov-2017 11:25:34
Position	7

Compound	Si	P	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	La
Conc	3,2	4,6	3,17	17,5	1,5	62,2	7,51	0,3
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%

a. Hasil Uji



b. Spectra

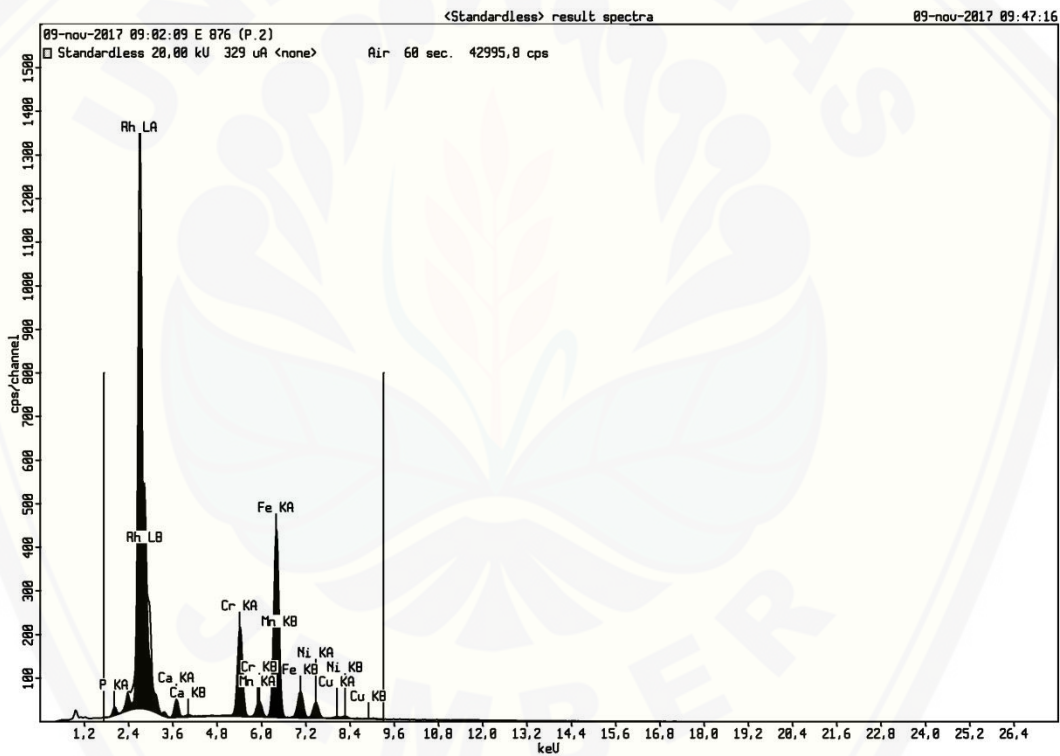
Sample results

Sample ident	
E 876 (P.2)	

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	09-nov-2017 09:02:09
Position	6

Compound	P	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu
Conc	9,8	5,93	17,3	1,2	57,6	7,30	0,85
Unit	%	%	%	%	%	%	%

a. Hasil Uji



b. Spectra

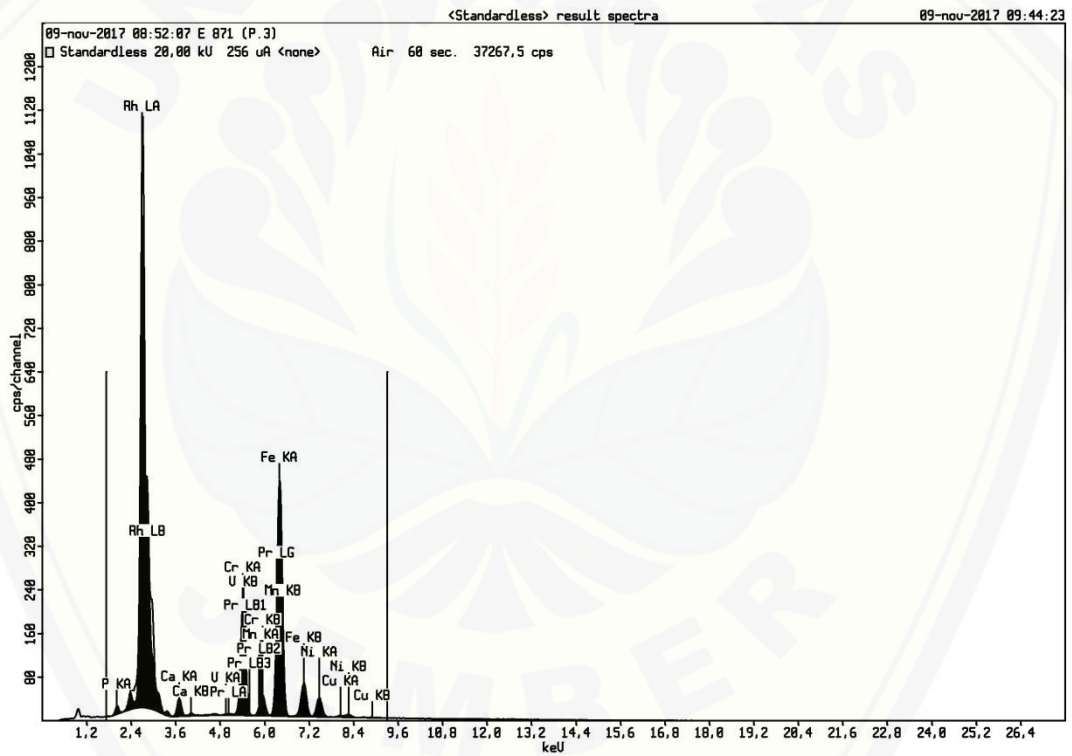
Sample results

Sample ident	
E 871 (P.3)	

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	09-nov-2017 08:52:07
Position	1

Compound	P	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Pr
Conc	7,7	4,71	0,04	17,4	1,4	59,6	7,38	0,67	1,2
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%

a. Hasil Uji



b. Spectra

09-nov-2017 09:45:13

Sample results

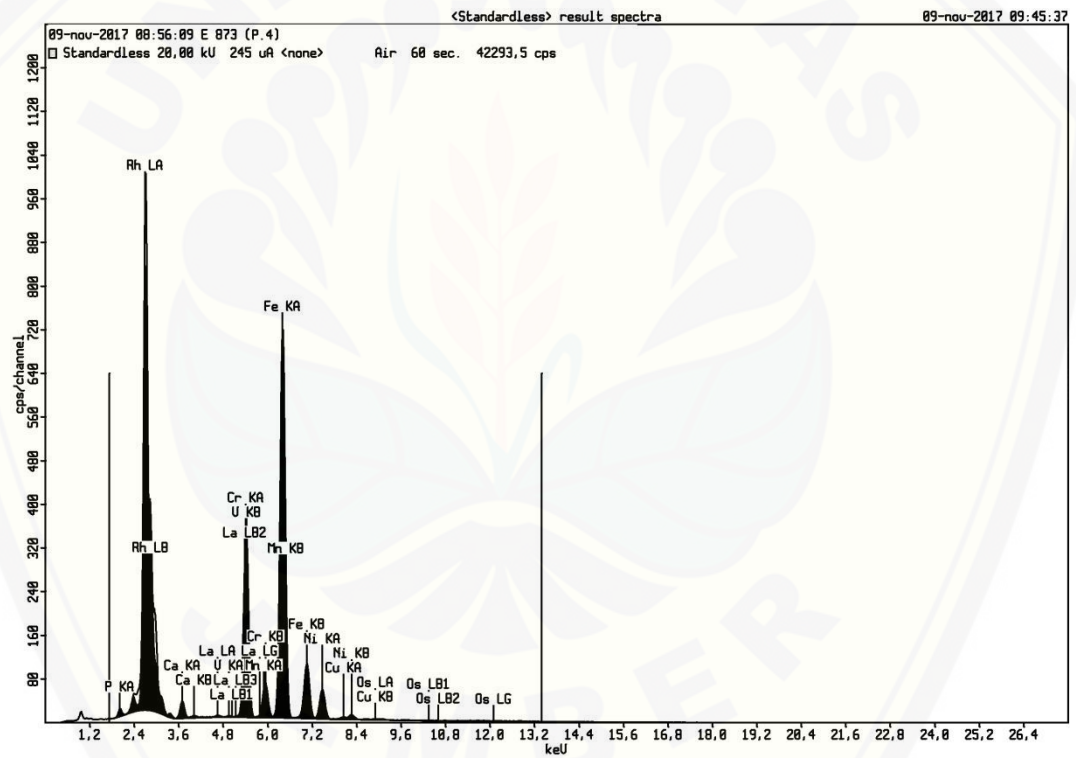
Page 1

Sample ident	
E 873 (P.4)	

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	09-nov-2017 08:56:09
Position	3

Compound	P	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	La	Os
Conc	4,9	2,89	0,13	17,8	1,5	63,6	7,64	0,62	0,3	0,7
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

a. Hasil Uji



b. Spectra

I. Hasil Uji Normalitas *Kolmogorov-Smirnov Test***NPar Tests**

[DataSet0]

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		IonFe
N		9
Normal Parameters ^a	Mean	3,9744
	Std. Deviation	1,06380
Most Extreme Differences	Absolute	.175
	Positive	.175
	Negative	-.134
Kolmogorov-Smirnov Z		.526
Asymp. Sig. (2-tailed)		.945

a. Test distribution is Normal.

J. Hasil Uji Homogenitas *Levene Test* dan Uji Parametrik *One-Way Anova*

Test of Homogeneity of Variances

ionfe

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.211	2	6	.816

ANOVA

ionfe

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.429	2	3.714	13.719	.006
Within Groups	1.624	6	.271		
Total	9.053	8			

K. Hasil Uji *Least Significance Different* (LSD)

Multiple Comparisons

ionfe LSD	(I) kelompok	(J) kelompok	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
	kontrol negatif	kontrol positif	.59000	.42485	.214	-.4496	1.6296
		perlakuan	-1.56333 [*]	.42485	.010	-2.6029	-.5238
	kontrol positif	kontrol negatif	-.59000	.42485	.214	-1.6296	.4496
		perlakuan	-2.15333 [*]	.42485	.002	-3.1929	-1.1138
	perlakuan	kontrol negatif	1.56333 [*]	.42485	.010	.5238	2.6029
		kontrol positif	2.15333 [*]	.42485	.002	1.1138	3.1929

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.