



TUGAS AKHIR - TF 141581

**ANALISA KANDUNGAN KALSIUM DALAM SALIVA
AKIBAT KEBIASAAN MEROKOK MENGGUNAKAN
LASER-INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY
(LIBS)**

AZ ZAHROH
NRP. 02311340000102

Dosen Pembimbing :
Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution M.Sc.
Dr. Ir. Hery Suyanto, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR - TF 141581

**ANALISA KANDUNGAN KALSIUM DALAM SALIVA
AKIBAT KEBIASAAN MEROKOK MENGGUNAKAN
LASER-INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY
(LIBS)**

AZ ZAHROH
NRP. 02311340000102

Dosen Pembimbing :
Dr.rer.nat.Ir. Aulia M.T. Nasution, M.Sc.
Dr. Ir. Hery Suyanto, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT - TF 141581

**ANALYSIS OF CALSIUM CONTAINED IN SALIVA DUE
TO SMOKING HABITS USING LASER-INDUCED
BREAKDOWN SPECTROSCOPY (LIBS)**

AZ ZAHROH
NRP. 02311340000102

Supervisors :
Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution M.Sc.
Dr. Ir. Hery Suyanto, M.T.

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Az Zahroh

NRP : 02311340000102

Departemen : Teknik Fisika-FTI ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul **“ANALISA KANDUNGAN KALSIUM DALAM SALIVA AKIBAT KEBIASAAN MEROKOK MENGGUNAKAN LASER-INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY (LIBS)”** adalah bebas plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Surabaya, 30 Juli 2018
Yang membuat pernyataan,



Az Zahroh
NRP. 02311340000102

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISA KANDUNGAN KALSIMUM DALAM SALIVA
AKIBAT KEBIASAAN MEROKOK MENGGUNAKAN
LASER-INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY (LIBS)**

TUGAS AKHIR

Oleh:

AZ ZAHROH

NRP. 02311340000102

**Surabaya, 30 Juli 2018
Mengetahui/Menyetujui,**

Pembimbing I

Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution, M.Sc.
NIP. 196711171997021001

Pembimbing II

Dr. Ir. Hery Suryanto, M.T.
NIP.196304211990031015



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA KANDUNGAN KALSIMUM DALAM SALIVA
AKIBAT KEBIASAAN MEROKOK MENGGUNAKAN
LASER-INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY
(LIBS)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Bidang Studi Rekayasa Fotonika
Program S-1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Az Zahroh
NRP. 231134000102

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. rer. nat. Ir. Aulia M.T. Nasution, M.Sc. (Pembimbing I)
2. Dr. Ir. Hery Suyanto, M.T. (Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc. (Penguji I)
4. Agus M. Hatta, S.T., M.Si., Ph.D. (Penguji II)
5. Dr. Gunawan Nugroho S.T., M.T. (Penguji III)

SURABAYA
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISA KANDUNGAN KALSIMUM DALAM SALIVA
AKIBAT KEBIASAAN MEROKOK MENGGUNAKAN
LASER-INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY
(LIBS)**

Nama Mahasiswa : Az Zahroh
NRP : 02311340000102
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing I : Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution M.Sc.
Dosen Pembimbing II : Dr. Ir. Hery Suyanto, M.T.

Kebiasaan merokok diketahui meningkatkan kandungan ion kalsium saliva. Peningkatan kandungan kalsium tersebut dikarenakan rokok menyebabkan terjadinya penurunan laju aliran saliva dan peningkatan kandungan ion kalsium pada saliva. Berdasarkan hal tersebut telah dikembangkan metode untuk mengetahui perbedaan karakter spektral dari unsur kalsium dalam saliva yang berasal dari perokok ringan, sedang dan berat menggunakan LIBS (*Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*). Berdasarkan hasil penelitian, kondisi optimum pengujian ditentukan dengan *delay time* 0.5 μ s, energi laser 100 mJ dan akumulasi 3 kali penembakan, dan kondisi lingkungan gas atmosfer. Unsur-unsur yang terdapat di dalam saliva di antaranya adalah 99% air dan sisanya adalah komponen anorganik seperti natrium, kalium, magnesium, kalsium, fluor. Unsur Ca (kalsium) merupakan unsur anorganik yang dominan terdapat dalam saliva yaitu berperan dalam proses *buffering* rongga mulut. Berdasarkan data penelitian diperoleh bahwa peningkatan jumlah konsumsi batang rokok perhari oleh responden penelitian diikuti dengan peningkatan intensitas emisi unsur Ca pada panjang gelombang 422.67 nm. Hal ini dibuktikan dengan adanya peningkatan rata-rata intensitas unsur Ca pada saliva sebesar 30% pada kelompok perokok ringan dibandingkan kelompok non-perokok, sebesar 37% pada

kelompok perokok sedang dibandingkan kelompok non-perokok, dan sebesar 51% pada kelompok perokok berat dibandingkan non-perokok. Peningkatan ini menunjukkan bahwa terjadi proses demineralisasi (kelarutan) unsur Ca pada enamel gigi ke dalam saliva. Analisa regresi menunjukkan nilai $R = 0.99735$, nilai $R^2 = 0.9947$, dengan persamaan $y = 12.867x - 29.505$ dan standar estimasi (SE) = 0.236897.

Kata kunci: merokok, saliva, kalsium, intensitas emisi unsur,
LIBS

***THE ANALYSIS OF CALSIUM CONTAINED IN
SALIVA DUE TO SMOKING HABITS USING LASER-
INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY (LIBS)***

Student's Name : Az Zahroh
NRP : 02311340000102
Department : Teknik Fisika FTI-ITS
Supervisor I : Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution, M.Sc.
Supervisor II : Dr. Ir. Hery Suyanto, M.T.

Smoking habits are known to increase levels of calcium ions saliva ions. Increased levels of calcium due to cigarettes can cause a decrease in salivary flow rate and increased concentration of calcium ions in the saliva. Based on the problem above, a method has been developed to analyze the calcium element in saliva using LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy). Based on the research results, the optimum conditions of the test were determined with 0.5 μ s time delay, 100 mJ laser energy and 3 accumulations of shoot, and at an atmospheric gas conditions. The elements present in the saliva are 99% composed of water and some anorganic elements such as sodium, potassium, magnesium, calcium, fluorine. Ca element (Calcium) is a prominent element contained in saliva that acts mostly in buffering process of the oral cavity. The result data showed that that an increase of cigarette consumption per day was followed by the increase of Ca emission intensity at wavelength. There is a 30% increase in Ca emission intensity of light smoker group compared to non-smoker group, a 37% increase in Ca emission intensity of the moderate smoker group compared to the non-smoker group, and 51% in Ca emission intensity of the heavy smoker group compared to the non-smoker group. This result indicates that a demineralisation (solubility) process has occurred which is related to a dissolution of Ca element in tooth lattice into saliva

due to the smoking habit. Regression analysis showed the value of $R = 0.99735$, $R^2 = 0.9947$, with the equation $y = 12.867x - 29.505$ and standard estimation (SE) = 0.236897.

Keywords: smoking, saliva, calcium, emission intensity of element, LIBS

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, serta shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**ANALISA KANDUNGAN KALSIUM DALAM SALIVA AKIBAT KEBIASAAN MEROKOK MENGGUNAKAN LASER-INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY (LIBS)**”

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian Tugas Akhir dan laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, ST, MSi, Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Fisika FTI – ITS sekaligus dosen penguji yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
2. Bapak Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution, M.Sc., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Hery Suyanto, M.T., selaku dosen pembimbing serta yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis.
5. Bapak Dr. Gunawan Nugroho S.T., M.T, selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis.
6. Teman – Teman S1 Reguler dan teman – teman seperjuangan TA yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terimakasih atas dukungan dan bantuannya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna, namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya. Selain itu juga semoga dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan Tugas Akhir bagi mahasiswa yang lain.

Surabaya, 30 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Rokok	5
2.2 Dampak Merokok Terhadap Saliva.....	6
2.3 LIBS	9
2.4 Interaksi Laser dengan Jaringan	11
2.5 NIST	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Studi literatur.....	14
3.2 Pengumpulan Sampel Saliva Perokok.....	14
3.3 Pengujian Sampel.....	16
3.4 Pengolahan Data Hasil Pengujian	21

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Spektra Sampel Saliva	25
4.2 Perbedaan Spektra Sampel Saliva Perokok dan Non- Perokok	28
4.3 Perbandingan Intensitas Emisi Unsur Ca.....	30
4.4 Perbandingan Unsur dengan Metode Rasio Intensitas	36
BAB V PENUTUP	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema peningkatan kandungan kalsium saliva akibat kebiasaan merokok.....	33
Gambar 2.2 Skema dari sistem LIBS	10
Gambar 2.3 Spektrum Ca(I) dan Mg(I)	10
Gambar 2.4 NIST <i>Atomic Spectra Database</i>	12
Gambar 2.5 Tampilan <i>database</i> unsur	12
Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir	14
Gambar 3.2 Skema pengujian menggunakan LIBS	19
Gambar 3.3 Tampilan perangkat lunak AddLIBS	20
Gambar 3.4 Intensitas area (abu-abu) pada OriginPro 8.5	22
Gambar 4.1 Foto penampakan saliva di permukaan karbon (a) Sebelum diuji dengan LIBS dan (b) Sesudah diuji dengan LIBS.....	24
Gambar 4.2 Spektra saliva beserta unsur-unsurnya	26
Gambar 4.3 Spektra sampel saliva dari perokok dan non perokok	28
Gambar 4.4 Spektrum unsur Ca dari sampel saliva pada panjang gelombang 422.6721 nm	32
Gambar 4.5 Perbandingan grafik konsumsi batang rokok/hari dan intensitas unsur Ca ²⁺ pada panjang gelombang 422.6721 nm	33
Gambar 4.6 Kandungan unsur Ca ²⁺ dalam saliva terhadap konsumsi batang rokok/hari	33
Gambar 4.7 Perbandingan intensitas emisi unsur Ca pada saliva perokok ringan, sedang, dan berat.....	34
Gambar 4.8 Rasio intensitas unsur Ca/O terhadap konsumsi batang rokok/hari	37
Gambar 4.9 Perbandingan grafik konsumsi batang rokok/hari dan rasio intensitas unsur Ca/O pada panjang gelombang 422.6727 nm	37

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Unsur-unsur utama yang terkandung dalam saliva	27
Tabel 4.2 Analisa Regresi Linear	29

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perokok memiliki tingkat kebersihan rongga mulut yang lebih buruk dibandingkan dengan non-perokok. Seorang perokok cenderung memiliki kebiasaan menyikat gigi yang buruk, sehingga hal ini mempermudah terjadinya perlekatan plak akibat adanya endapan tar dari asap rokok. Merokok juga menyebabkan kemampuan *buffering* dalam saliva menurun, yaitu menurunkan potensi oksidasi-reduksi (Eh), sehingga membuat kondisi rongga mulut menjadi lebih asam dan merupakan kondisi yang menguntungkan bagi kolonisasi bakteri anaerob (Zappacosta et al., 2002). Seorang perokok memiliki skor kalkulus atau karang gigi yang lebih tinggi dibandingkan non-perokok. Tingginya kandungan ion kalsium saliva sangat bergantung pada tingkat keparahan merokok, seperti penelitian yang dilakukan oleh Syahli (2015) di Indonesia menunjukkan bahwa kandungan ion kalsium saliva jauh lebih tinggi pada kelompok perokok berat dibandingkan dengan kelompok perokok ringan maupun sedang.

Peningkatan kandungan kalsium tersebut dikarenakan rokok menyebabkan terjadinya penurunan laju aliran saliva dan peningkatan kandungan ion kalsium pada saliva (Zappacosta et al., 2002). Kandungan kalsium saliva yang tinggi membuat plak pada gigi lebih cepat mengeras, yang secara tidak langsung mempengaruhi derajat kesehatan gigi dan mulut (Varghese et al., 2015). Senyawa kalsium fosfatase yang ditemukan pada kalkulus supragingiva adalah berasal dari saliva (Pejcic et al., 2007).

Karang gigi sangat berperan dalam petogenesis periodontitis. Periodontitis merupakan peradangan pada jaringan periodontal. Hal tersebut sesuai dengan penelitian oleh Endre (2010) di Hungaria yang menunjukkan bahwa periodontitis pada pasien perokok memiliki kandungan ion

kalsium saliva yang lebih tinggi dibandingkan yang bukan perokok. Karang gigi dapat menyebabkan beberapa penyakit lain yang lebih serius seperti jantung, menopause dan penyakit mulut lainnya (Soder et al., 2014).

Beberapa penelitian terdahulu menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) untuk menganalisis kandungan kalsium dalam saliva. Meskipun hasil yang diberikan akurat, namun teknik ini memiliki beberapa kekurangan, seperti perlunya jumlah sampel yang cukup besar dan berkali-kali membutuhkan pemurnian tambahan untuk menghilangkan kemungkinan gangguan kimia. Hanya satu elemen yang dapat dianalisis dan jika ingin menganalisis beberapa elemen maka diperlukan penggunaan sampel dalam jumlah besar dan waktu yang cukup lama (Overview LIBS).

Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) adalah bentuk spektroskopi emisi atom yang sederhana dan cepat untuk analisis kualitatif atau kuantitatif, tidak merusak dan hampir tanpa preparasi sampel. Teknik ini dapat digunakan untuk menganalisis berbagai jenis material seperti padatan, cairan dan gas dan dapat dilakukan secara in situ, in vivo atau in vitro dan untuk monitoring proses secara *real-time* (Gazmeh et al., 2014). Teknik ini memiliki beberapa keunggulan di antaranya cepat, akurat, sensitivitas tinggi, penggunaan sampel sedikit serta tidak perlu dilakukannya *pre-treatment* (Kim dan Lin, 2012), serta *less invasive* (Matsuura, 2016). Metode ini banyak diaplikasikan pada jaringan hidup, salah satunya cairan biologis seperti saliva. Sistem LIBS dapat menganalisa komposisi *trace elements*, sehingga dapat diketahui komposisi unsur-unsur dalam dalam saliva (Matsuura, 2016).

Pada penelitian ini teknik LIBS digunakan sebagai suatu bentuk identifikasi terhadap kebiasaan merokok dengan menganalisa perubahan kandungan unsur kalsium yang terdapat dalam saliva. Komposisi unsur pada saliva tersebut ditampilkan dalam bentuk spektra emisi atom dengan teknik LIBS. Teknik ini berfungsi memetakan unsur-unsur yang mencirikan

kandungan saliva. Informasi kandungan unsur dalam saliva diperoleh dengan perangkat AddLIBS dan OOLIBS. Pengolahan data secara statistik dilakukan dengan beberapa perangkat lunak, yaitu Microsoft Office dan OriginPro 8.5.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diangkat dalam penelitian ini, maka permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana perbedaan karakter spektral dari unsur kalsium dalam saliva yang berasal dari perokok ringan, sedang dan berat?

1.3 Tujuan

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan karakter spektral dari unsur kalsium dalam saliva yang berasal dari perokok ringan, sedang dan berat.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batas ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sampel saliva yang digunakan adalah berasal dari responden non perokok, perokok ringan, sedang dan berat.
- b. Proses analisis difokuskan untuk mengidentifikasi dan membedakan unsur kalsium dalam saliva dari responden non perokok, perokok ringan, sedang dan berat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Rokok

Merokok adalah membakar tembakau yang kemudian dihisap asapnya, baik menggunakan rokok maupun menggunakan pipa. Merokok menjadi kebiasaan yang sangat umum dan meluas di masyarakat. Meskipun telah terbukti dapat menyebabkan munculnya berbagai kondisi patologis, secara sistemik maupun local dalam rongga mulut, tetapi kebiasaan merokok ini sangat sulit untuk dihilangkan (Khrisna, 2016).

Rokok merupakan gabungan dari bahan-bahan kimia. Satu batang rokok yang dibakar, akan mengeluarkan 7000 bahan kimia. Rokok menghasilkan suatu pembakaran yang tidak sempurna yang dapat mengendap dalam tubuh ketika dihisap. Secara umum komponen rokok dapat dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu komponen gas (92%) dan komponen padat atau partikel (2%) (Khurshid dan Ansari, 2012).

Komponen gas asap rokok terdiri dari karbonmonoksida, karbondioksida, hydrogen sianida, amoniak, oksida dari nitrogen dan senyawa hidrokarbon. Partikel rokok terdiri dari tar, nikotin, benzantracene, benzopiren, fenol, cadmium, indol, karbarzol, dan kresol. Zat-zat ini beracun, mengiritasi dan menimbulkan kanker (karsinogen) seperti benzene, beryllium, butadiene, cadmium formaldehyde, toluene. Nikotin merupakan komponen yang paling banyak ditemukan di dalam rokok (Khurshid dan Ansari, 2012).

Menurut Doll dan Hill (1950) dan WHO 2013 seseorang dikatakan perokok ketika memiliki kebiasaan menghisap batang rokok baik kretek maupun putih setiap hari setidaknya sekali dalam sehari selama minimal satu tahun.

Klasifikasi yang diberikan oleh Sitepoe (2000) membagi perokok ke dalam tiga golongan berdasarkan jumlah konsumsi rokok per harinya, yaitu: (a) perokok ringan (1-10 batang/hari), (b) perokok sedang (11-20 batang/hari), (c) perokok berat (>20

batang/hari). Taylor (2009) memberikan istilah *chippers* bagi perokok yang mengkonsumsi rokok kurang dari 5 batang/hari sementara itu *social smoker* adalah istilah bagi individu yang merokok hanya pada situasi sosial tertentu misalnya saat bertemu dengan teman lama di suatu acara atau pesta. Situasi sosial tersebut dapat sebagai pemicu individu tersebut untuk merokok.

2.2 Dampak Merokok Terhadap Saliva

Saliva merupakan salah satu sistem pertahanan tubuh di dalam rongga mulut. Saliva terdiri dari 99.5% air dan 0.5% komponen lainnya seperti elektrolit, (natrium, kalsium, klorida, magnesium, bikarbonat, dan fosfat), mukus, glikoprotein, enzim, dan komponen antimikroba (Devi et al., 2014). Kalsium merupakan salah satu komponen elektrolit dalam saliva yang terdapat dalam bentuk ion. Kandungan normal kalsium saliva dalam keadaan tidak terstimulasi adalah 4-6 mg/dl (1-1.5 mmol/L) (Saladin dan Porth, 1998).

Zat karsinogenik pada rokok serta efek panas saat merokok mempengaruhi fungsi sel maupun jaringan pada kelenjar saliva mengakibatkan penurunan produksi dan sekresi saliva ke dalam rongga mulut (Sham, 2003). Penurunan laju aliran saliva akan berkurang sangat signifikan pada perokok jangka panjang (Rad et al., 2010). Laju aliran saliva yang menurun artinya terjadi penurunan sekresi ion bikarbonat dan hal ini menyebabkan penurunan pH saliva (Singh dan Ingle, 2015).

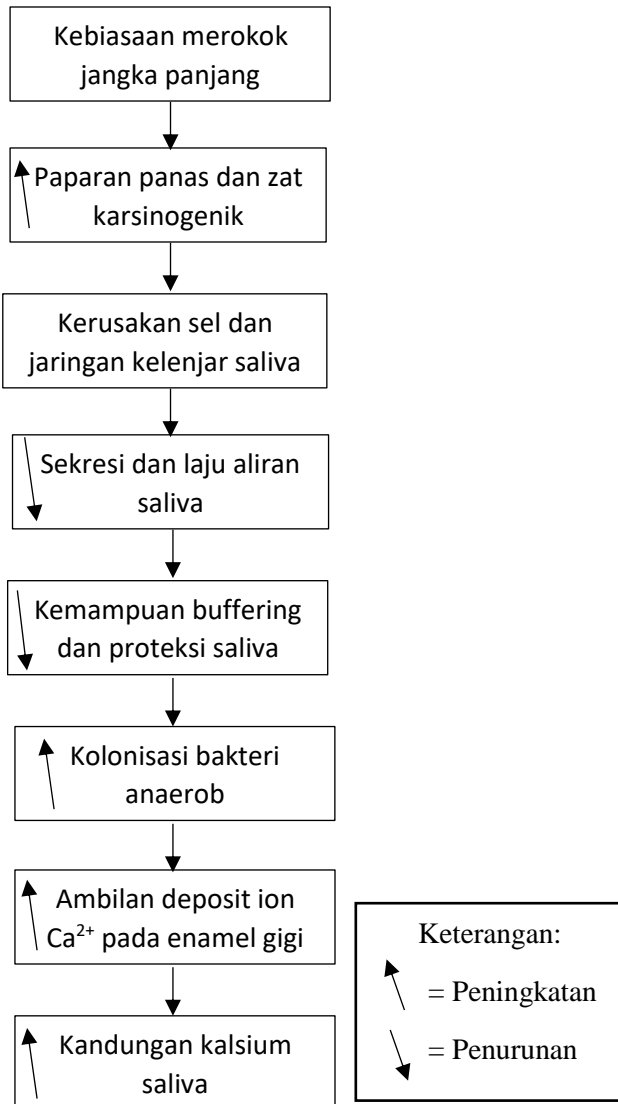
Kondisi tersebut artinya efektifitas air liur dalam proses *buffering* di dalam rongga mulut pun menurun (Ravald et al., 1993), yaitu menurunkan potensi oksidasi-reduksi (Eh) (Myung dan Seo, 2011) dalam saliva. Proses *buffering* ini penting dalam menjaga kondisi keasamaan dalam rongga mulut. Kondisi rongga mulut yang terlalu asam merupakan lingkungan yang mendukung bagi kolonisasi bakteri anaerob seperti *streptococcus mutans* dan *lactobacillus sp.* Bakteri tersebut di

atas berperan dalam proses demineralisasi (kelarutan) gigi. Proses demineralisasi menyebabkan pelepasan hidroksiapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_2 \times \text{OH}$) dari enamel gigi sehingga kalsium lepas ke saliva, membuat kandungan ion kalsium saliva meningkat (Abed et al., 2012).

Kalsium saliva mengandung ion kalsium, berkombinasi dengan fosfor maka akan membentuk kalsium fosfat, yaitu berupa materi yang padat (Llena-Puy, 2006). Kandungan kalsium dalam saliva berperan dalam pembentukan karang gigi. Semakin tinggi kandungan kalsium dalam saliva maka akan semakin mudah karang gigi terbentuk (Moreira et al., 2009). Terbentuknya karang gigi ini juga dapat dipengaruhi oleh kebiasaan pemeliharaan rongga mulut seorang perokok yang umumnya cenderung buruk, mengakibatkan karang gigi menjadi lebih mudah terbentuk. Gigi yang tidak dibersihkan dengan baik tidak akan menghilangkan pelikel-pelikel yang melekat pada email, pelikel semakin lama akan semakin tebal dan mengeras membentuk karang gigi (Kuswandani, 2016).

Fakta ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Khan et al. (2005) di Pakistan menunjukkan adanya peningkatan kandungan kalsium saliva pada perokok dibandingkan dengan non-perokok. Penelitian serupa yang dilakukan oleh Syahli (2015) di Indonesia menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kandungan kalsium saliva yang lebih tinggi pada kelompok perokok berat dibandingkan pada kelompok perokok ringan maupun perokok sedang.

Gambar 2.1 menunjukkan mekanisme bagaimana kebiasaan merokok dapat mempengaruhi kandungan kalsium dalam saliva. Pada gambar tersebut terdapat anak panah ke atas (↗) memiliki makna terjadi peningkatan, sedangkan anak panah ke bawah (↘) memiliki makna terjadi penurunan.



Gambar 2.1 Skema peningkatan kandungan kalsium saliva akibat kebiasaan merokok

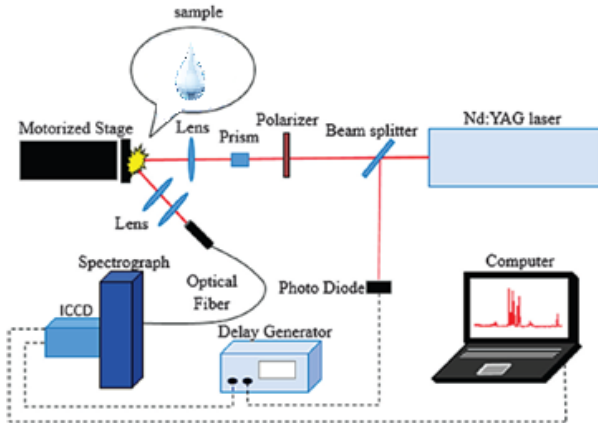
2.3 LIBS

Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) adalah bentuk spektroskopi emisi atom yang sederhana dan cepat untuk analisis kualitatif atau kuantitatif, tidak merusak dan hampir tanpa preparasi sampel (Gazmeh et al., 2014). Teknik ini menggunakan laser pulsa sebagai sumber eksitasi (Suyanto, 2013). Ketika laser difokuskan pada sampel (dengan durasi antara ns sampai fs) (Gaudioso et al., 2010), sejumlah besar energi akan ditransfer, yang dapat menyebabkan terbentuknya plasma yang berisi elektron-elektron, atom-atom netral, atom-atom tereksitasi dan ion-ion (Suyanto, 2013), dan permukaan sampel akan terablasi atau *breakdown*. *Breakdown* hanya dapat terjadi apabila pulsa iradiasi melebihi *threshold value* dari sampel tersebut. *Threshold value* $\sim 1 \text{ GW/cm}^2$ dianggap sebagai nilai referensi bagi hampir semua target sampel jenis solid, untuk menghasilkan plasma dengan suhu tinggi dan densitas elektron tinggi (Gaudioso et al., 2010).

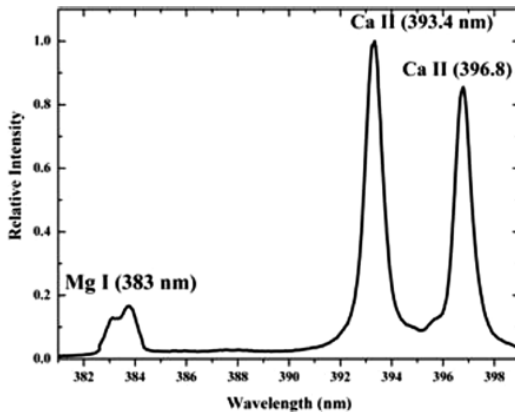
Beberapa fenomena lain dapat terjadi pada sampel dalam upaya menghasilkan *breakdown* dan plasma, bergantung dari fitur laser (panjang gelombang, durasi pulsa, radiasi) dan material dari sampel tersebut (keadaan agregasi, karakteristik fisikokimia). Plasma ini akan memancarkan radiasi yang dapat dideteksi dan digunakan untuk mengambil informasi kualitatif dan kuantitatif tentang komposisi dari sampel teriradiasi tersebut (Gaudioso et al., 2010). Selanjutnya emisi foton melewati spectrometer dan oleh detector ditampilkan dalam bentuk spectra berupa grafik hubungan antara intensitas emisi foton dan panjang gelombang. Intensitas menyatakan konsentrasi unsur dalam bahan dan panjang gelombang menyatakan jenis unsurnya. Proses pendeteksian pada system LIBS ditentukan oleh tiga bagian penting, yaitu: laser, sampel, dan *spectrometer* (Cremers, 2013).

Teknik ini dapat digunakan untuk menganalisis berbagai jenis material seperti padatan, cairan dan gas dan dapat dilakukan secara *in situ*, *in vivo* atau *in vitro* dan untuk

monitoring proses secara *real-time* (Gazmeh et al., 2014). Teknik ini memiliki beberapa keunggulan di antaranya cepat, akurat, sensitivitas tinggi, penggunaan sampel sedikit serta tidak perlu dilakukannya *pre-treatment* (Kim dan Lin, 2012).



Gambar 2.2 Skema dari sistem LIBS
(sumber: Gazmeh et al., 2014)



Gambar 2.3 Spektrum Ca(I) dan Mg(I)
(sumber: Alvira et al., 2010)

2.4 Interaksi Laser dengan Jaringan

Beberapa interaksi laser dengan jaringan dapat berupa interaksi fotokimia (*photochemical*), fototermal (*photothermal*), fotoablasi (*photoablation*), produksi plasma (*plasma-induced ablation*), dan fotoakustik (*photodisruption*) yaitu berupa produksi *shock wave* (Niemz, 2007).

Fenomena fisik yang disebut *optical breakdown* ditandai dengan munculnya fenomena *photodisruption*/fotoakustik berupa produksi *shock wave* dan produksi plasma (*plasma-induced ablation*). Fenomena ini terjadi akibat proses pemfokusan laser. Ketika berkas laser difokuskan oleh lensa, fenomena *optical breakdown* yang dihasilkan dengan pembentukan plasma. Terdapat 3 tingkatan perubahan bentuk dari udara ke dalam plasma panas, yaitu proses awal (*initiation*), *optical breakdown* dan produksi plasma. Yang paling dominan pada proses *initiation* oleh ionisasi *Q-Switch* pulsa adalah emisi termionik (Niemz, 2007).

Interaksi laser dengan jaringan bergantung dari lama durasi radiasi dan *power density*. Durasi radiasi pendek (\sim ns) merujuk pada proses ablasi nonresonan yang mana terjadi pembentukan plasma, eaksi partikel, dan *shock wave* di dalam jaringan. Sementara itu, interaksi laser dengan komponen jaringan gigi yaitu hydroxyapatit dan air merupakan radiasi yang berdurasi panjang (\sim μ s–ms). Proses ini merupakan proses ablasi resonan. Interaksi laser dengan jaringan dapat mengakibatkan pada kenaikan temperatur, kemudian dapat berlanjut pada koagulasi, denaturasi protein, atau ablasi oleh karena penguapan air (Thareja et al., 2008).

2.5 NIST

NIST (*National Institute of Standards and Technology*) adalah standar yang digunakan untuk menentukan panjang gelombang setiap unsur dalam metode spektroskopi. Pada penelitian LIBS digunakan *database* NIST untuk spektra atomik. *Database* yang terdapat pada NIST berisi bibliografi

line broadening dari spektral atom berupa panjang gelombang, probabilitas transisi atom, dan level energi atom. *Database* spektra atomik dapat diakses melalui *website* https://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html

NIST Atomic Spectra Database Lines Form

Best viewed with the latest versions of Web browsers and JavaScript enabled

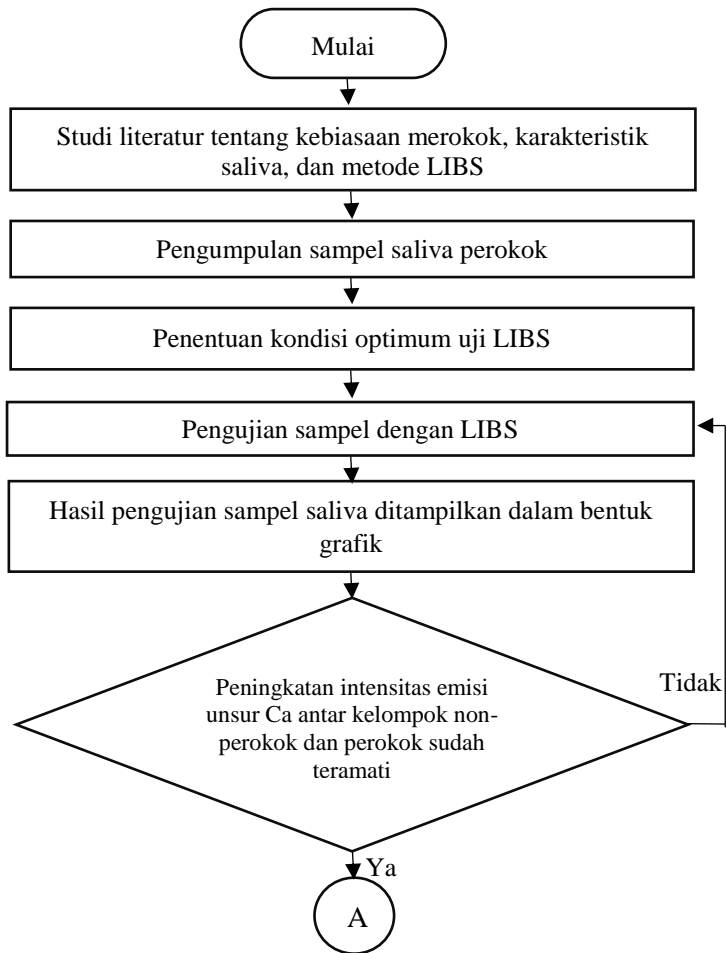
Gambar 2.4 NIST *Atomic Spectra Database*

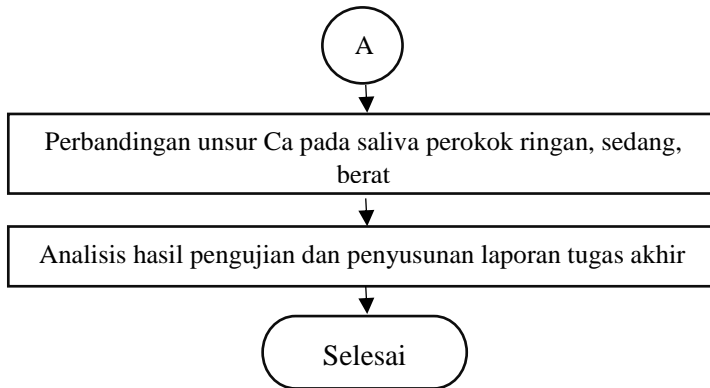
Ion	Observed Wavelength Air (nm)	Unc. (nm)	Ritz Wavelength Air (nm)	Unc. (nm)	Rel. Int. (?)	A_{ki} (s^{-1})	Acc.	E_i (cm^{-1})	E_k (cm^{-1})
Ca I	392.348	0.010			6				
Ca III	393.0870	0.0018	393.0884	0.0008	90	1.21e+07	B	325 467.67	- 350 900.04
Ca II	393.366	0.010	393.3663	0.0010	230	1.47e+08	C	0.00	- 25 414.40
Ca I	393.528	0.010			9				
Ca I	394.604	0.010			6				

Gambar 2.5 Tampilan *database* unsur

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai uraian tahapan kegiatan dari awal hingga akhir untuk tercapainya tujuan tugas akhir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1





Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir

Adapun tahapan-tahapan tersebut akan dibahas secara rinci pada subab-subab berikut:

3.1 Studi literatur

Studi literatur mengenai kebiasaan merokok, karakteristik saliva, dan metode LIBS serta pengolahan data hasil eksperimen diperoleh dari berbagai sumber, di antaranya *handbook*, jurnal, paper, dan internet.

3.2 Pengumpulan Sampel Saliva Perokok

Dilakukan wawancara terhadap responden perokok untuk memperoleh informasi serta mendapatkan persetujuan. Responden diminta untuk mengisi kuisioner dan menandatangani lembar *informed consent*. Sampel saliva berasal dari tiga puluh responden perokok yang telah bersedia bekerja sama dalam penelitian ini.

3.2.1 Kriteria Responden Penelitian

Adapun kriteria responden dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Laki-laki usia 20-60 tahun yang berdomisili di Surabaya

- b. Seorang perokok aktif saat pengambilan sampel saliva, yaitu seseorang yang memiliki kebiasaan merokok sedikitnya satu batang per hari selama sekurang-kurangnya 1 tahun sampai pada saat penelitian ini dilakukan.
- c. Mengonsumsi jenis rokok putih.
- d. Tidak sedang berpuasa saat pengambilan sampel
Hal ini dikarenakan pertimbangan bahwa saat berpuasa kelenjar saliva akan menurunkan laju sekresi saliva (Kusuma et al., 2015).
- e. Tidak memiliki riwayat penyakit yang berhubungan dengan kelenjar saliva seperti diabetes mellitus
- f. Tidak mengonsumsi alkohol dan NAPZA
- g. Tidak sedang mengonsumsi obat-obatan yang tergolong psikotropika dan mengonsumsi makanan ataupun minuman yang bersoda seperti cola dan sejenisnya, serta makanan dan minuman yang bersifat asam
- h. Bersedia menjadi responden penelitian

3.3.2 Perlakuan Terhadap Responden Penelitian

Selama proses pengumpulan saliva responden penelitian diminta untuk tidak makan dan minum (kecuali air putih) minimal 1 jam sebelum prosedur pengambilan saliva dilakukan. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa suasana rongga mulut akan berubah menjadi asam dan berada pada pH kritis (≤ 5.5) pada rentang waktu 5 – 30 menit setelah mengonsumsi makanan atau minuman yang bersifat asam (Hidayat et al. 2014). Selanjutnya, pH rongga mulut akan mulai normal kembali dikarenakan adanya fungsi *buffer* dari saliva. pH yang asam menyebabkan subsaturasi ion Ca^{2+} yang mengakibatkan kelarutan email gigi ke lingkungan rongga mulut sehingga dapat mengganggu pembacaan hasil uji LIBS (Seow et al., 2005). Apabila pasien ingin menggosok gigi terlebih dahulu, dapat dilakukan yaitu 30 menit setelah makan dan 30 menit sebelum proses pengumpulan saliva dilakukan. Hal ini dikarenakan menggosok gigi segera setelah mengonsumsi

makanan atau minuman dapat membuat suasana rongga mulut menjadi lebih asam sehingga dapat lebih mengerosi gigi yaitu hilangnya garam kalsium dalam gigi. Rentang waktu 5-15 menit pertama setelah mengkonsumsi makanan adalah saat pH rongga mulut dalam kondisi kritis (sekitar 5,2-5.5) (Hidayat et al., 2014). Pada menit ke-30 kondisi rongga mulut sudah netral kembali yaitu sekitar pada pH 7.3.

3.3.3 Teknik Pengumpulan Saliva

Responden penelitian diminta untuk mengumpulkan saliva ke dasar mulut kemudian responden meludahkannya ke dalam wadah penampung setiap 60 detik. Lakukan berulang kali sampai saliva terkumpul sebanyak 1.5 ml. Teknik ini dikenal dengan metode *spitting*.

3.3.4 Teknik Penyimpanan Sampel

Sampel saliva yang sudah terkumpul disimpan dalam *freezer* pada suhu -20°C sampai dibutuhkan kembali untuk dianalisa. Sebelum dilakukan pengujian, sampel saliva terlebih dahulu dikeluarkan dari *freezer* dan diletakkan pada suhu ruangan hingga kira-kira satu jam, kemudian sampel saliva dapat dianalisis. Hal ini dilakukan untuk menjaga kestabilan komposisi komponen anorganik dan organik dalam saliva.

3.3 Pengujian Sampel

3.3.1 Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan pada tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

- a. Sumber cahaya laser Nd:YAG (model CRF 200 mJ, 1064 nm, 7 ns)
- b. Spektrometer *Ocean Optic* HR 2500+
- c. Detektor fiber optik dengan rentang pengukuran 200 - 980 nm
- d. Ruang sampel dengan tekanan udara 1 atm
- e. Lensa cembung 10 cm

- f. Vacuum sealer
- g. Beaker glass
- h. Kaki tiga
- i. Spiritus
- j. Pipet
- k. Koin
- l. Karbon
- m. Komputer
- n. Perangkat lunak AddLIBS dan OOILIBS
- o. Perangkat lunak OriginPro 8.5

3.3.2 Metode Persiapan Sampel

Pada penelitian ini menggunakan metode karbon teraktivasi, yaitu karbon yang berasal dari kelapa yang sudah di aktivasi dengan bilangan ioda 900. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Karbon padatan ditembakkan laser LIBS untuk digunakan sebagai *background*.
- b. Karbon padatan dituangkan ke dalam gelas ukur sampai $\pm 1/2$ kedalaman gelas.
- c. Kemudian karbon dipanaskan sampai suhu 50-60°C selama 30 menit. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan daya ikat antar partikel (adsorpsi) dari karbon dengan saliva.
- d. Kemudian karbon dibungkus dalam aluminium foil dan divakum. Ketiga proses ini disebut proses pengeringan.
- e. Setelah karbon cukup dingin, karbon kemudian dikeluarkan dari vakum. Dalam hal penelitian ini, dilakukan percobaan terhadap tiga pengkondisian pengujian sampel, yaitu (1) karbon ditetaskan saliva segera setelah dikeluarkan dari vakum kemudian diuji dengan LIBS, (2) karbon ditetaskan saliva kemudian dipanaskan sampai suhu 50°C selanjutnya diuji dengan LIBS, (3) karbon ditetaskan saliva kemudian dipanaskan sampai suhu 60°C selanjutnya diuji dengan LIBS.

- f. Dalam setiap pengkondisian, terdapat tiga butir padatan karbon diletakkan di atas uang koin, kemudian ditetaskan saliva di permukaannya sebanyak masing-masing satu tetes, kemudian ditunggu selama 10 menit supaya saliva dapat diadsorpsi seluruhnya oleh karbon.
- g. Kemudian laser LIBS ditembakkan pada sampel karbon dan saliva.
- h. Setelah dilakukan uji LIBS, diketahui bahwa pengkondisian nomor (1) yang memiliki pembacaan ion kalsium (Ca) yang tertinggi dibanding dua pengkondisian lainnya. Pada pengkondisian nomor (2) dan (3) setelah dilakukan uji LIBS memiliki pembacaan ion kalsium yang tidak beda jauh dengan *background*. Sehingga dalam penelitian ini, pengkondisian nomor (1) yang akan paten digunakan.
- i. Untuk setiap sampel saliva ditetaskan pada permukaan tiga karbon padatan.
- j. Langkah-langkah (f) – (g) di atas diulang terus sampai keseluruhan sampel saliva yang berjumlah 30 puluh selesai diuji LIBS.
- k. Selanjutnya dilakukan analisa.

3.3.3 Set-up Alat Pengujian

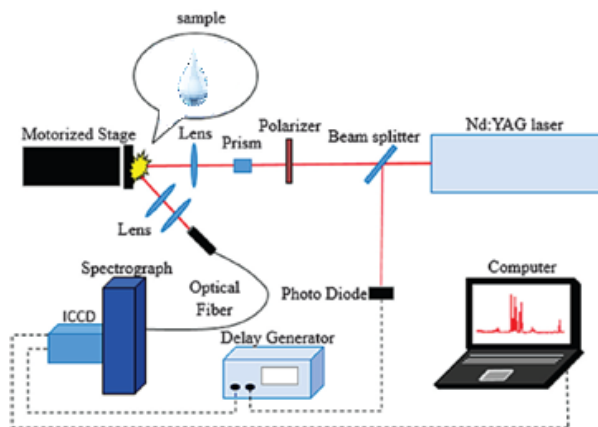
Sebelum dilakukan pengujian dengan LIBS, peratalatan terlebih dahulu dipanaskan terlebih dahulu selama ± 10 menit. Selanjutnya ditentukan *delay time*, energi, dan jumlah akumulasinya untuk pengambilan data awal. *Background* (Bg) diambil setiap kali menyalakan LIBS sebelum dilakukan pengujian sampel. Bg ditampilkan dalam bentuk spektrum dengan *software* OOILIBS.

Pada *background* terdapat tujuh tingkatan energi yang berbeda. Hal ini karena terdapat tujuh detektor pada spektrometer untuk mendeteksi pada rentang panjang gelombang 200-980 nm.

3.3.4 Karakterisasi Kondisi Umum Pengujian

Karakterisasi kondisi umum pengujian dilakukan dengan menentukan waktu tunggu deteksi (*delay time detection*), energi laser, dan lingkungan gas. Kondisi umum menghasilkan *background* (Bg) rendah dan sinyal intensitas emisi tinggi. Pada pengujian sampel saliva ini kondisi optimum ditentukan dengan *delay time* 0.5 μ s, energi laser 100 mJ dan akumulasi 3 kali penembakan, dan kondisi lingkungan gas atmosfer.

3.3.5 Pengujian Sampel Menggunakan LIBS



Gambar 3.2 Skema pengujian menggunakan LIBS

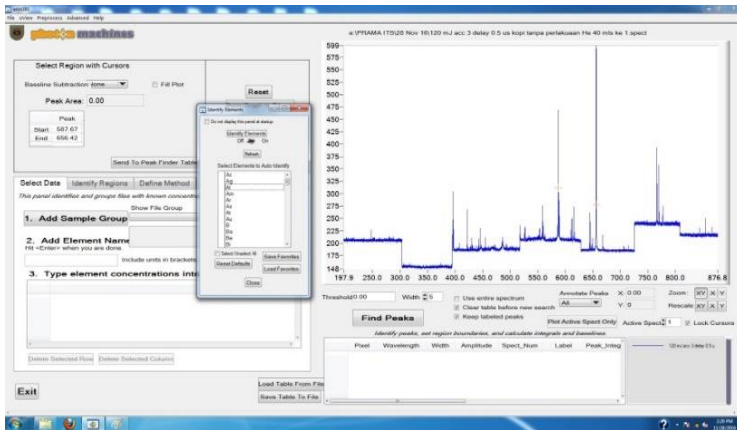
Skema peralatan pengujian menggunakan LIBS pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 3.2 di atas. Laser Nd:YAG dengan frekuensi 5 Hz, difokuskan ke sampel saliva dengan menggunakan lensa cembung dengan panjang fokus 10 cm sehingga terbentuk plasma. Emisi radiasi unsur tertentu dalam plasma dianalisis dengan spektrometer multikanal optik CCD 14,336 pixels, rentang panjang gelombang dari 200-980 nm dengan resolusi 0.1 nm (Photon Machine, 2009).

Pengujian sampel saliva dilakukan untuk mengetahui hasil spektra dari sampel. Data ini selanjutnya digunakan untuk

analisis pengaruh perubahan unsur kalsium (Ca) dalam saliva dari kelompok non-perokok dan perokok ringan, sedang dan berat. Langkah-langkah dalam pengujian menggunakan LIBS antara lain sebagai berikut:

- a. Perangkat komputer dan LIBS dihubungkan ke tegangan 220 Volt.
- b. Dilakukan pengaturan energi laser, *delay-time detection*, dan akumulasi penembakan dengan perangkat lunak OOILIBS.
- c. *Flashlamp* di dalam perangkat LIBS dihidupkan (ON) untuk mengetahui posisi sampel sebelum dilakukan penembakan. Perangkat LIBS ini dilengkapi oleh kamera.
- d. Ditentukan daerah sampel yang ditembakkan oleh laser
- e. *Flashlamp* dimatikan (OFF) dan laser dihidupkan (ON). Pengujian dilakukan dengan akumulasi penembakan sebanyak 3 kali pada tiap sampel.
- f. Hasil spektra pengujian disimpan dalam file .xls dan .spect.
- g. Data spektra ditampilkan pada perangkat lunak AddLIBS untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung di dalamnya.

3.3.6 Penentuan Unsur Sampel



Gambar 3.3 Tampilan perangkat lunak AddLIBS

Unsur-Unsur yang terdapat dalam spektra sampel saliva ditentukan dengan perangkat lunak AddLIBS. Penentuan unsur ini dilakukan di semua rentang panjang gelombang pengukuran.

3.3.7 Validasi Hasil Spektra dengan NIST

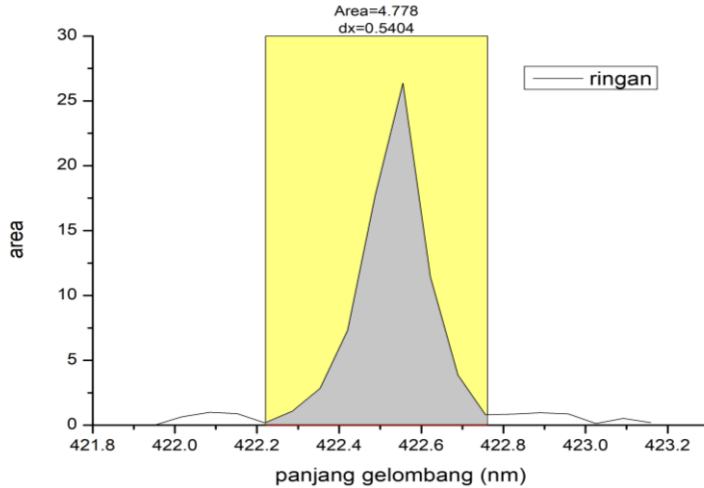
Setelah diperoleh data grafik spektrum yang ditampilkan oleh perangkat lunak AddLIBS, maka penentuan unsur pada sampel dilakukan dengan mencocokkan data panjang gelombang yang memiliki nilai puncak-puncak diskrit dengan data referensi spektrum emisi atom dari NIST (*National Institute of Standards and Technology*) *Atomic Spectra Database*.

Jenis-jenis unsur diinputkan pada kolom “Spektrum” dan rentang panjang gelombangnya, kemudian akan muncul tampilan yang berisi jenis unsur, panjang gelombang, A (probabilitas transisi elektron dalam atom) dan level energi suatu unsur.

3.4 Pengolahan Data Hasil Pengujian

3.4.1 Perhitungan Intensitas Emisi Unsur

Perhitungan data dilakukan dengan menggunakan data perangkat lunak OriginPro 8.5 untuk mengetahui luas area di bawah kurva yaitu dengan menggunakan metode integral, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.4 Intensitas area (abu-abu) pada OriginPro 8.5

3.4.2 Rasio Intensitas

Metode rasio intensitas dilakukan dengan membandingkan unsur-unsur yang terdapat pada sampel terhadap unsur utama (*host element*). Dalam menghitung kandungan unsur Ca dalam saliva maka perlu dibuat kurva kalibrasi unsur Ca berbagai konsentrasi, namun dalam penelitian ini tidak melakukan hal tersebut, maka sebagai alternatifnya adalah menggunakan metode rasio intensitas. Pada penelitian ini intensitas unsur Ca dibandingkan terhadap O. Perbandingan ini didasarkan pada landasan teori bahwa komposisi saliva 99% adalah air (Syahli, 2015). Ketika sampel saliva dikenai laser maka temperatur lingkungan naik menyebabkan lepasnya ikatan unsur H dan O dibarengi dengan eksitasi dari atom Ca.

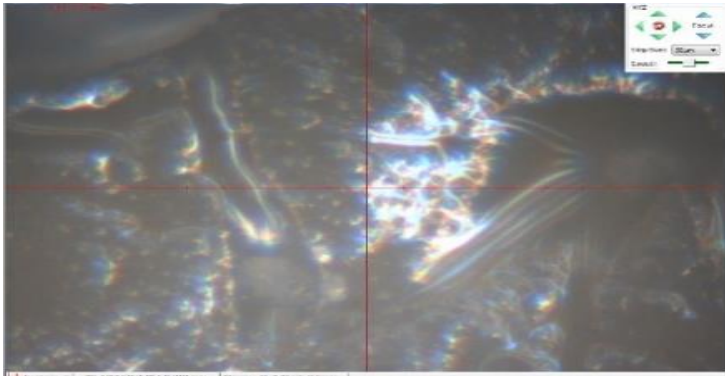
BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

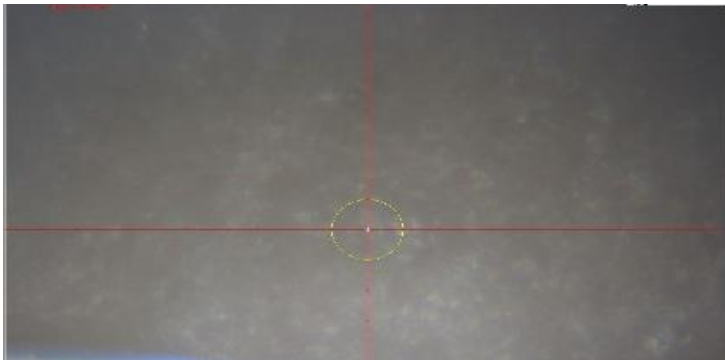
Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil analisa intensitas emisi unsur kalsium saliva dari responden perokok ringan, sedang dan berat menggunakan *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS). Unsur utama yang dideteksi adalah kalsium (Ca). Sebelum melakukan pengujian sampel saliva dengan LIBS, dilakukan karakterisasi pengujian dengan mencari kondisi optimum pengujian. Parameter-parameter yang menentukan kondisi optimum dari teknik LIBS adalah energi laser dan *delay time detection* (Fortes et al., 2012). Pada penelitian ini digunakan energi laser 100 mJ dan *delay time detection* 0.5 μ s. Kondisi lingkungan sistem LIBS pada penelitian ini adalah udara dengan tekanan 1 atm. Penentuan kondisi optimum ini adalah merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Wendri et al. (2015) mengenai analisis mekanisme unsur C dengan gas N, O, dan H pada karbon yang ditentukan berdasar parameter energi laser dan *delay time detection*. Penelitian ini menunjukkan kondisi optimum pengujian adalah pada *delay-time detection* 0.5 μ s dan energi laser 100 mJ. Hasil ini disebabkan oleh karena penggunaan energi laser 120 mJ pada *delay-time detection* 0 μ s akan menyebabkan ablasi karbon dengan kecepatan tinggi dan tereksitasi dalam waktu singkat. Hal ini menjadi buruk dikarenakan tingginya densitas elektron yang mana elektron-elektron tersebut bergerak dengan kecepatan tinggi dan saling bertumbukan (*bremstrahlung*) sehingga memancarkan bermacam-macam panjang gelombang yang membuat pembacaan sinyal menjadi turun akibat tertutup oleh *background* yang tinggi (Cremers et al., 2013). Sedangkan, energi laser di atas 120 mJ adanya kemungkinan efek *breakdown* dengan udara cukup besar sehingga terdapat banyak unsur H dan O selain dari sampel. Sementara itu, energi laser 80 mJ tidak mampu mengeksitasikan cairan saliva yang telah

diadsorpsi oleh karbon sehingga menyebabkan intensitas emisi foton unsur Ca jauh lebih rendah. Pada kondisi *delay time* di atas $1 \mu\text{s}$ maka *lifetime* foton unsur Ca segera berakhir.

Saliva yang telah diadsorpsi oleh karbon, nampak seperti cairan yang bening yang berada di permukaan karbon. Saliva yang berada di permukaan karbon inilah yang akan ditembakkan dengan laser, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 di bawah ini.



(a)



(b)

Gambar 4.1 Foto penampakan saliva di permukaan karbon (a) sebelum di uji dengan LIBS dan (b) sesudah diuji dengan LIBS

Gambar 4.1 di atas menunjukkan bahwa dengan energi laser 100 mJ sudah cukup untuk menguapkan cairan saliva di permukaan karbon sehingga setelah penembakan laser pada sistem LIBS nampak tidak ada cairan saliva di permukaan karbon tersebut. Sampel saliva adalah berasal dari non-perokok, perokok ringan, sedang dan berat yang kemudian dibandingkan untuk dianalisa. Menurut klasifikasi dari WHO 2013, perokok ringan adalah seseorang yang aktif mengkonsumsi rokok sebanyak 1-10 batang rokok/hari, sedangkan perokok sedang adalah seseorang yang aktif mengkonsumsi rokok sebanyak 10-20 batang/hari, dan perokok sedang adalah mereka yang mengkonsumsi rokok > 20 batang/hari.

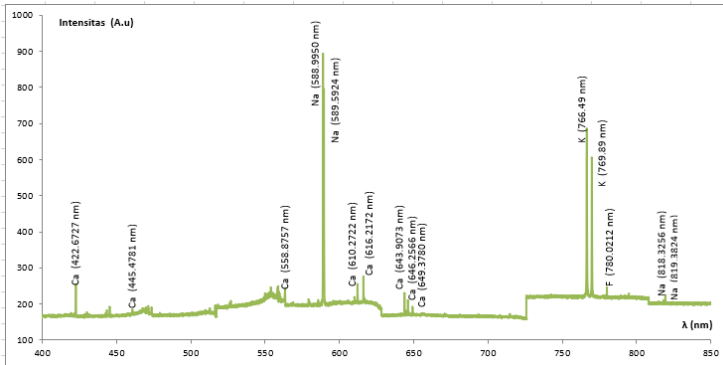
Selanjutnya data percobaan diolah menggunakan perangkat lunak AddLIBS untuk menampilkan spektra dan unsur-unsur yang terdapat di dalam sampel saliva, sedangkan perhitungan intensitas emisi unsur dilakukan dengan menghitung luas area di bawah kurva dengan menggunakan perangkat lunak Origin 8.5.

4.1 Spektra Sampel Saliva

Spektra hasil pengujian sampel saliva dengan sistem LIBS untuk mendeteksi sejumlah unsur yang normal terkandung di dalam saliva. Penentuan unsur-unsur tersebut menggunakan perangkat lunak AddLIBS dan divalidasi menggunakan NIST (National Institute of Standards and Technology). Database yang terdapat pada NIST merupakan bibliografi *line broadening* dari spektral atom, probabilitas transisi atom, dan energi level atom (Cremers et al., 2013).

Setiap spektra memiliki informasi yang unik tentang karakteristik dari material target, yang terkait dengan kandungan elemen di dalam material target (Musazzi et al., 2012), temperatur elektron (Singh dan Thajur, 2007), dan kepadatan elektron di dalam plasma, yang direpresentasikan oleh grafik intensitas emisi sebagai fungsi panjang gelombang (Musazzi et al., 2012).

Berikut di bawah ini adalah salah satu gambaran spektra beserta unsur-unsur yang normal terkandung dalam saliva seperti ditunjukkan Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Spektra saliva beserta unsur-unsurnya

Spektra berupa grafik hubungan antara panjang gelombang dan intensitas emisi unsur yang terkandung pada saliva. Panjang gelombang menyatakan jenis suatu unsur yang terdapat dalam sampel saliva perokok dan non perokok (analisa kualitatif) dan intensitas menyatakan kuantitas unsur yang terkandung dalam sampel saliva perokok dan non perokok (analisa kuantitatif).

Saliva sendiri mengandung 99% air dan sisanya berupa komponen-komponen organik dan anorganik yang terlarut dan disekresi oleh kelenjar saliva. Komponen anorganik elektrolit dalam bentuk ion seperti Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- , dan fosfat dan komponen organik seperti protein, musin, lipida, asam lemak dan ureum. Susunan kuantitatif dan kualitatif elektrolit di dalam saliva menentukan pH dan kapasitas buffer (Kusuma, 2015).

Komponen anorganik di dalam sampel saliva ditunjukkan pada Gambar 4.2 di antaranya adalah Ca (kalsium), (Na) natrium, (K) kalium dan F (Fluor). Unsur-unsur tersebut terdapat pada beberapa rentang panjang gelombang pengukuran

seperti pada Tabel 4.1. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa unsur yang dominan terdapat dalam saliva adalah Ca (kalsium).

Tabel 4.1 Unsur-unsur utama yang terkandung dalam saliva

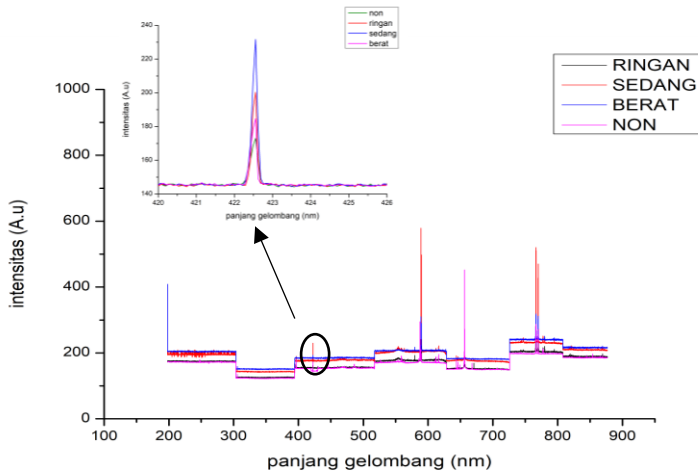
Unsur	Panjang Gelombang (nm)	Intensitas (A.u)
Ca	396.8467	153.61
	422.6727	175.76
	442.5441	149.29
	443.4960	151.64
	445.4781	154.84
	558.8757	183.64
	612.2219	185.23
	616.2172	189.16
	643.9073	160.79
	646.2566	153.76
K	649.3780	151.82
	766.4899	383.48
Na	769.8964	353.08
	588.9950	482.70
	589.5924	439.02
O	818.3256	193.72
H	777.3000	197.27
F	656.2725	150.80
	780.0212	209.34

Tabel di atas menunjukkan bahwa setiap unsur memiliki intensitas emisi dan standar deviasi yang berbeda-beda. Terdapat faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi pembacaan intensitas emisi ini, seperti di antara faktor internal yang mempengaruhi adalah tingkatan energi atom, populasi atom pada setiap level energi, dan probabilitas perpindahan atom ke level energi yang lebih tinggi. Faktor eksternal yang

mempengaruhi adalah energi dari laser yang digunakan untuk evaporasi atom, panjang gelombang dari laser, dan efektifitas emisi (Khumaeni, 2016).

4.2 Perbedaan Spektra Sampel Saliva Perokok dan Non-Perokok

Setelah mengetahui unsur-unsur yang terdapat di dalam saliva, selanjutnya dilakukan analisis perbandingan spektral saliva dari kelompok perokok ringan, sedang dan berat. Berikut pada Gambar 4.3 di bawah ini adalah tampilan spektra saliva dari non-perokok, perokok ringan, sedang, dan berat. Pada Lampiran A. Gambar A.1, A.2, dan A.3 menunjukkan spektra unsur-unsur yang terdapat pada sampel saliva non-perokok, perokok ringan, sedang dan berat.



Gambar 4.3 Spektra sampel saliva dari perokok dan non-perokok

Spektra berupa grafik hubungan antara panjang gelombang dan intensitas emisi unsur yang terkandung pada saliva perokok. Panjang gelombang menyatakan jenis suatu unsur dan intensitas menyatakan konsentrasi unsur yang terkandung dalam saliva perokok.

Spektrometer yang digunakan pada sistem LIBS ini memiliki 7 detektor. Pada detektor 1 dan 2 (pada daerah UV) tidak terdapat intensitas emisi dari unsur yang terkandung dalam sampel saliva dan spektra menunjukkan adanya intensitas emisi unsur pada detektor 3 sampai 7 yaitu dengan rentang panjang gelombang 394.10 nm dan 876.76 nm.

Selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui pada panjang gelombang berapa terjadi pembacaan dan perubahan intensitas emisi unsur kalsium yang signifikan sehingga dapat diidentifikasi besar perubahan intensitas unsur kalsiumnya. Hal ini dapat dilakukan dengan cara uji regresi linear kandungan kalsium dalam saliva fungsi intensitas emisi unsur kalsium, seperti yang tampak pada Lampiran B dan dirangkum dalam Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Analisa Regresi Linear

Unsur	Panjang gelombang	Koefisien Relasi (R)	Koefisien Determinasi (R^2)	Standar Error (SE)
Ca	396.8467	0.8997	0.8095	0.24157
	422.6727	0.9973	0.9947	0.23689
	442.5441	0.7647	0.5847	0.16422
	443.4960	0.8291	0.6873	0.10607
	445.4781	0.8347	0.6963	0.19264
	558.8757	0.6805	0.8249	0.41145
	610.2722	0.9094	0.8270	0.21153
	616.2172	0.9915	0.9831	0.15227
	643.9073	0.9650	0.9294	0.27968
	646.2566	0.8130	0.6610	0.07966
649.3780	0.8342	0.6959	0.02934	

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa intensitas emisi unsur Ca pada panjang gelombang 422.6727 nm memiliki nilai R dan R^2 yang paling besar yaitu 0.9973 dan 0.9947 serta SE sebesar 2.36897. Selain itu, dicocokkan dengan validasi

tabel NIST pada Lampiran A, unsur Ca pada panjang gelombang 422.67 nm memiliki probabilitas transisi terbesar dibandingkan unsur Ca pada panjang gelombang lainnya, yaitu sebesar $2.18 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$. Probabilitas transisi elektron menunjukkan kemampuan elektron untuk bereksitasi dari level energi rendah ke level energi tinggi. Keadaan dasar dan keadaan terkesitasi sebuah molekul terbagi dalam subtingkat rotasi dan vibrasi. Transisi elektron dapat terjadi pada subtingkat apa saja dari level energi rendah ke subtingkat apa saja dari level energi terkesitasi. Karena berbagai transisi ini berbeda energi meskipun sedikit sekali, maka panjang gelombang absorpsinya juga berbeda sedikit dan menimbulkan pita lebar yang nampak dalam spektrum. Absorpsi energi pada panjang gelombang tertentu bertambah dengan makin banyaknya elektron yang mengalami transisi. Selanjutnya, elektron-elektron terkesitasi ini akan melepaskan energi dalam bentuk foton yang mempunyai fase, panjang gelombang dan arah yang sama dengan foton penumbuk. Semakin banyak atom yang mengalami eksitasi maka semakin tinggi densitas elektron dalam plasma menghasilkan tingginya intensitas emisi foton yang dihasilkan.

4.3 Perbandingan Intensitas Emisi Unsur Ca

Kalsium adalah komponen terbesar yang terdapat pada tulang dan gigi dari manusia. Kalsium juga merupakan salah satu komponen anorganik dari saliva dengan konsentrasi yang cukup tinggi dari natrium dan kalium. Kalsium sangat menentukan kekerasan permukaan email gigi, dan sangat dipengaruhi oleh keadaan saliva. Email atau lapisan terluar gigi tersusun dari kristal-kristal kompleks hidroksiapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_2\text{xOH}$) (Grays, 1982). Kalsium adalah buffer pH yang paling efisien untuk regulasi cairan tubuh sedangkan fosfat memiliki keuntungan tambahan yaitu resisten terhadap penurunan pH pada plak menuju pH kritis. Peran saliva sebagai buffer dalam melindungi permukaan gigi adalah dengan

menetralkan pH yang menurun akibat fermentasi karbohidrat oleh bakteri (Amrongen et al., 1991). Dalam kondisi lingkungan pH yang tinggi (alkali), kalsium dalam saliva cenderung untuk berperan penting dalam remineralisasi email dan dentin gigi dengan membentuk kristal-kristal hidroksiapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_2\text{OH}$), sedangkan dalam kondisi asam dapat menyebabkan demineralisasi (kelarutan) kristal-kristal (Grays, 1982).

Spektrum unsur Ca pada panjang gelombang 422.67 nm pada Gambar 4.4 selanjutnya ditentukan nilai intensitasnya pada setiap kelompok sampel dengan cara menghitung luas area di bawah kurva. Intensitas garis emisi yang terbaca adalah sebanding dengan jumlah kepadatan elektron tereksitasi dalam plasma yang mana hal ini sebanding dengan konsentrasi dari emitor (yaitu sampel saliva). Hal ini dapat ditunjukkan oleh persamaan Boltzmann di bawah ini (Gaudio et al., 2010).

$$I = \frac{h c}{4\pi} N A h \nu G \dots\dots\dots (1)$$

I = intensitas emisi

N = jumlah kepadatan atom atau ion netral

ν = frekuensi transisi

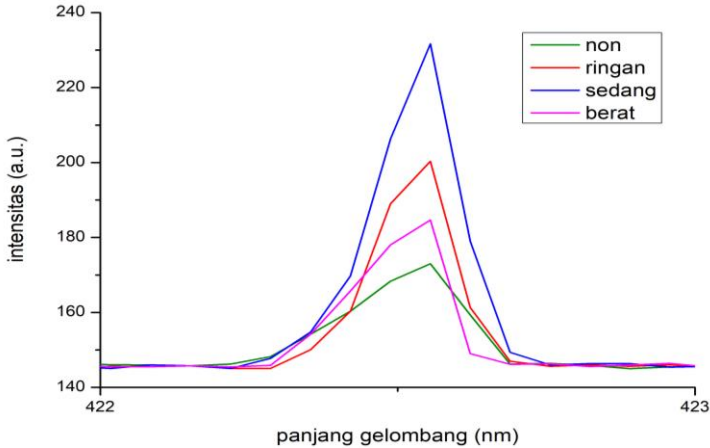
A = koefisien emisi spontan

h = konstanta Planck

G = faktor instrumental (tergantung pada set-up eksperimental yang digunakan)

Oleh karena itu, intensitas emisi unsur adalah berkorelasi linear dengan konsentrasi unsur tersebut dalam sebuah sampel, seperti pada persamaan di bawah ini (Gaudio et al., 2010).

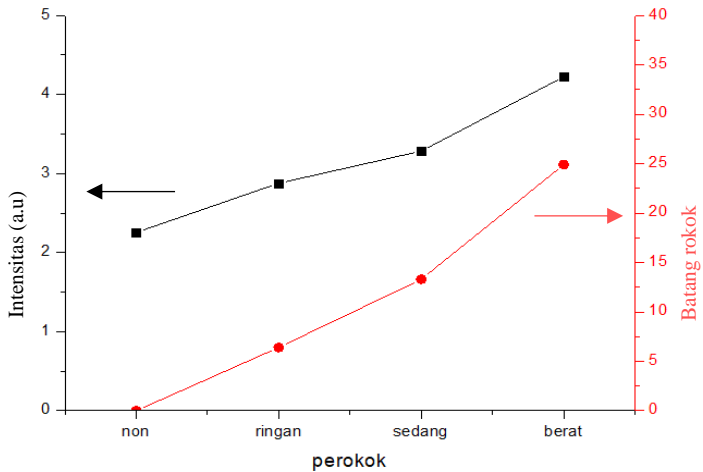
$$I = K[X] \dots\dots\dots (2)$$



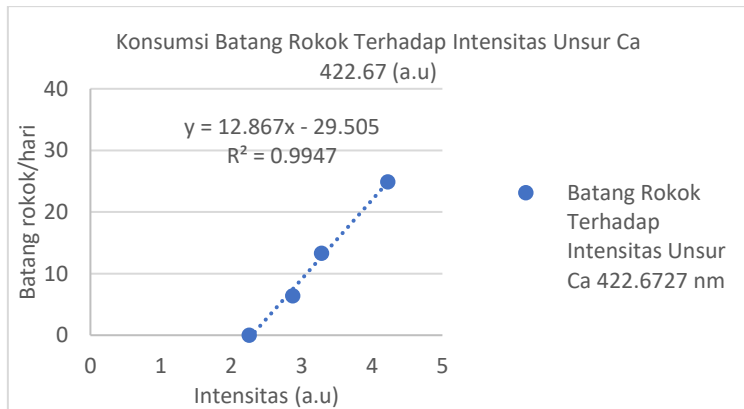
Gambar 4.4 Spektrum unsur Ca dari sampel saliva pada panjang gelombang 422.67 nm

Selanjutnya untuk dapat menentukan kandungan unsur Ca yang dapat dideteksi oleh sistem LIBS ini, maka perlu dihitung melalui persamaan regresi linear. Tabel 4.2 menunjukkan nilai $R=0.9973$ dengan standar estimasi (SE)=0.236897. Nilai $R=0.9973$ adalah bernilai positif memiliki arti adanya hubungan searah antara variabel bebas (konsumsi batang rokok/hari) dan variabel terikat (intensitas emisi unsur Ca) atau dengan kata lain tingginya variabel bebas (konsumsi batang rokok/hari) diikuti dengan tingginya variabel terikat (intensitas emisi unsur Ca). Pada analisa regresi linear oleh Gambar 4.6 menunjukkan bahwa hasil regresi dari nilai kandungan unsur Ca pada sampel saliva yang berasal dari non perokok, perokok ringan, sedang dan berat memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) = 0.9947 dengan persamaan regresinya $y = 12.867x - 29.505$.

Pada Gambar 4.5 merupakan grafik perbandingan batang rokok yang dikonsumsi perhari dengan intensitas emisi unsur Ca. Grafik tersebut menunjukkan bahwa intensitas emisi unsur Ca (422.67 nm) meningkat dengan bertambahnya konsumsi batang rokok/hari.



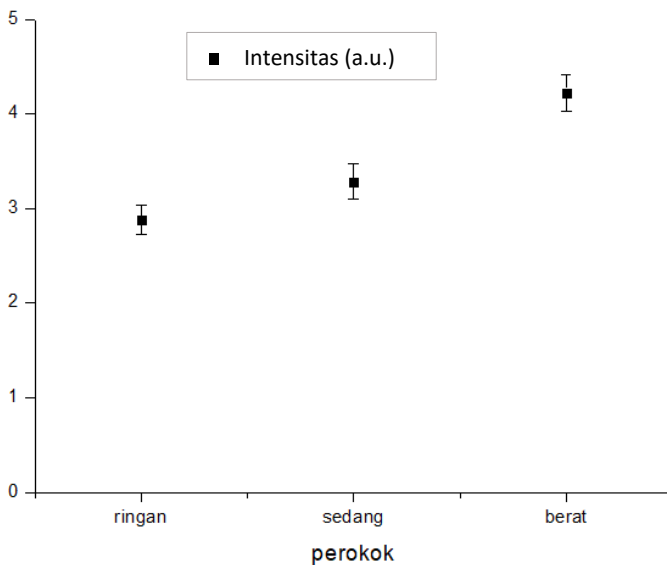
Gambar 4.5 Perbandingan grafik konsumsi batang rokok/hari dan intensitas unsur Ca^{2+} pada panjang gelombang 422.6721 nm



Gambar 4.6 Kandungan unsur Ca^{2+} dalam saliva terhadap konsumsi batang rokok/hari

Nilai koefisien determinasi (R^2) pada Gambar 4.6 merupakan patokan seberapa baik garis regresi menjelaskan datanya, yaitu bagaimana garis regresi yang dibentuk sesuai data. Apabila semua data terletak pada garis regresi maka dapat

dikatakan garis regresi sempurna, sebaliknya jika semakin sedikit data yang terletak pada garis regresi maka artinya hanya menjelaskan sebagian kecil dari variasi data (Widarjono, 2013). Nilai R^2 berkisar antara 0 – 1, dan nilai $R^2=1$ menunjukkan garis regresi secara sempurna cocok dengan data asli (Junaidi, 2014). Pada penelitian ini, nilai $R^2=0.9947$ adalah baik dan mendekati dengan data asli. Interpretasi lain dari R^2 adalah proporsi variasi tanggapan yang diterangkan oleh variabel bebas (X) di dalam model. Nilai $R^2=0.9947$ menerangkan bahwa sebesar 99.47% variasi dari variabel terikat (Y) dapat diterangkan oleh variabel bebas (X), sedangkan sisanya 0.53% dipengaruhi oleh variabel-variabel yang tidak diketahui (inheren).



Gambar 4.7 Perbandingan intensitas emisi unsur Ca^{2+} pada saliva perokok ringan, sedang, dan berat

Berdasarkan Gambar 4.7 intensitas emisi unsur Ca terendah adalah berasal dari saliva perokok ringan, dan tertinggi adalah berasal dari saliva perokok berat. Terdapat

fluktuasi cukup tinggi dapat diakibatkan oleh jumlah batang rokok yang dikonsumsi per hari oleh setiap responden penelitian ini adalah tidak sama di tiap kelompoknya. Data jumlah batang rokok ini merupakan range (berdasarkan klasifikasi oleh WHO 2013) yaitu responden kelompok perokok ringan adalah mereka yang mengkonsumsi 1-10 batang/hari, sedangkan 11-20 batang/hari adalah kelompok perokok sedang, dan >20 batang/hari adalah kelompok perokok berat. Lampiran C menunjukkan sebaran data konsumsi batang rokok/hari dan lama merokok (tahun) secara detail pada seluruh responden penelitian.

Hasil penelitian ini sesuai dengan teori bahwa zat-zat yang terkandung di dalam rokok terutama nikotin akan menyebabkan perubahan komposisi dalam saliva sehingga menurunkan derajat keasamaan (pH) rongga mulut (Grover et al., 2016). Kondisi lingkungan pH yang rendah (asam) di bawah tingkat tertentu maka akan terjadi pemecahan mineral gigi (kristal hidroksiapatit) yang disebut sebagai proses demineralisasi gigi dan melepaskan ion kalsium ke dalam saliva sehingga terjadi peningkatan kandungan ion kalsium dalam saliva (Bafghi et al., 2015).

Semakin banyak batang rokok yang dihisap artinya semakin banyak nikotin yang memapar rongga mulut yang kemudian dapat menurunkan derajat keasamaan rongga mulut pada semua laki-laki yang diperiksa, akibatnya mempercepat perpindahan kalsium dari *tooth lattice* dan melepaskan kalsium tersebut ke dalam saliva. Selain itu, lama kebiasaan merokok (tahun) setiap responden penelitian pada tiap kelompok juga tidak sama. Semakin lama kebiasaan merokok seorang individu artinya semakin lama rongga mulut terpapar oleh panas dan bahan kimiawi dari batang rokok, hal ini berpengaruh pada produksi dari kelenjar saliva sehingga terjadi penurunan laju aliran saliva dan pH saliva. Penurunan pH saliva menyebabkan lepasnya kalsium hidroksiapatit dari enamel gigi sehingga unsur kalsium lepas ke saliva. Hal inilah yang membuat kandungan

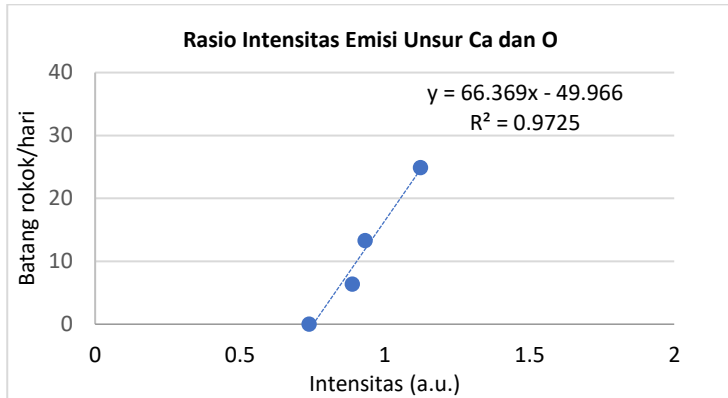
ion kalsium saliva meningkat. Data sebaran konsumsi batang rokok dan lama merokok (tahun) para responden penelitian terlampir pada lampiran.

4.4 Perbandingan Unsur dengan Metode Rasio Intensitas

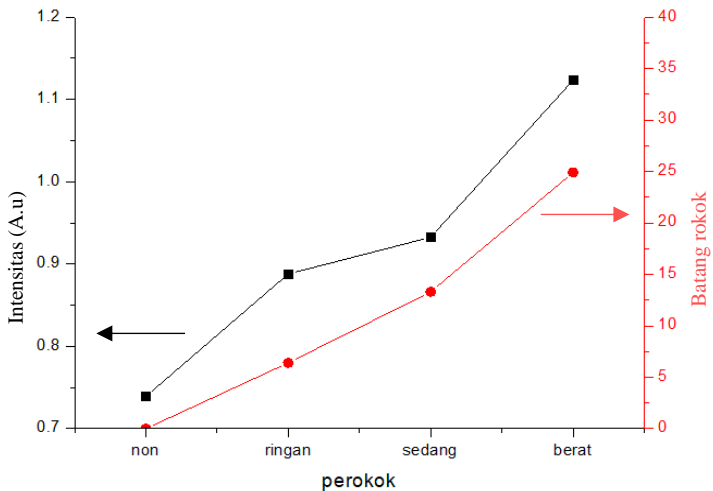
Metode rasio intensitas adalah membandingkan intensitas unsur Ca dengan intensitas *host element* yang terdapat dalam saliva yaitu O. Ketika sampel saliva dikenai laser maka temperatur lingkungan naik menyebabkan lepasnya ikatan unsur H dan O dibarengi dengan eksitasi dari atom Ca. Dalam menghitung kandungan unsur Ca dalam saliva maka perlu dibuat kurva kalibrasi unsur Ca dalam berbagai konsentrasi (Cremers et al., 2013), namun dalam penelitian ini tidak melakukan hal tersebut, maka sebagai alternatifnya adalah menggunakan metode rasio intensitas. Oleh sebab itu, penelitian ini tidak menghitung besar atau jumlah absolut dari konsentrasi unsur Ca pada saliva dari masing-masing kelompok, namun melihat bagaimana peningkatan kandungan unsur Ca saliva dari kelompok non perokok dan perokok. Penentuan kandungan unsur kalsium dalam saliva dapat dilakukan dengan menghitung luas area di bawah kurva pada panjang gelombang 422.67 nm (unsur Ca) dan 777.3 nm (unsur O) kemudian merasiokan keduanya, seperti pada Gambar 4.8 di bawah ini. Berdasarkan gambar tersebut menunjukkan bahwa pengaruh rasio intensitas unsur Ca/O dalam menentukan kandungan kalsium dalam saliva adalah 97.25%.

Pada Gambar 4.9 diplot grafik hasil perbandingan intensitas emisi unsur Ca terhadap O dengan grafik konsumsi batang rokok/hari dan menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi batang rokok/hari dibarengi dengan peningkatan nilai rasio intensitas unsur Ca/O. Terdapat peningkatan intensitas emisi unsur Ca 422.6727 nm pada saliva yaitu sebesar 30% pada kelompok perokok ringan dibandingkan kelompok non-perokok, sebesar 37% pada kelompok perokok sedang

dibandingkan kelompok non-perokok, dan sebesar 51% pada kelompok perokok berat dibandingkan non-perokok



Gambar 4.8 Rasio Intensitas unsur Ca/O terhadap konsumsi batang rokok/hari



Gambar 4.9 Perbandingan grafik konsumsi batang rokok/hari dan rasio intensitas unsur Ca/O pada panjang gelombang 422.67 nm

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasar hasil pengujian dan pembahasan tentang analisis spektral saliva perokok ringan, sedang dan berat menggunakan LIBS, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. LIBS dapat digunakan untuk menganalisis unsur-unsur yang terkandung di dalam saliva. Kondisi optimum pengujian diperoleh pada energi laser 100 mJ dan *delay time* 0.5 μ s.
- b. Unsur Ca adalah unsur anorganik yang paling dominan dalam saliva, yang terbaca pada panjang gelombang 396.8467 nm, 422.6727 nm, 442.5441 nm, 443.4960 nm, 445.4781 nm, 558.8757 nm, 612.2219 nm, 616.2172 nm, 643.9073 nm, 646.2566 nm, 649.3780 nm.
- c. Uji regresi linear untuk setiap panjang gelombang adalah pada Ca 396.8467 nm $R^2=0.8095$, pada Ca 422.6727 nm $R^2=0.9947$, pada Ca 442.5441 nm $R^2=0.59467$, pada Ca 443.4960 nm $R^2=0.6873$, pada Ca 445.4781 nm $R^2=0.6963$, pada Ca 558.8757 nm $R^2=0.8249$, pada Ca 612.2219 nm $R^2=0.8270$, pada Ca 616.2172 nm $R^2=0.9831$, pada Ca 643.9073 nm $R^2=0.9294$, pada Ca 646.2566 nm $R^2=0.6610$, pada Ca 649.3780 nm $R^2=0.6959$. Berdasarkan uji regresi linear menunjukkan bahwa nilai R^2 paling baik adalah pada Ca 422.6727 nm dengan $R^2=0.9947$.
- d. Terdapat trend peningkatan intensitas emisi unsur Ca 422.6727 nm pada saliva yaitu sebesar 30% pada kelompok perokok ringan dibandingkan kelompok non-perokok, sebesar 37% pada kelompok perokok sedang dibandingkan kelompok non-perokok, dan sebesar 51% pada kelompok perokok berat dibandingkan non-perokok.
- e. Peningkatan intensitas emisi unsur Ca pada saliva perokok menunjukkan adanya proses demineralisasi (kelarutan) email gigi, sehingga kalsium lepas ke dalam saliva.

- f. Peningkatan intensitas emisi unsur Ca pada saliva perokok dipengaruhi oleh konsumsi batang rokok/hari dan lama merokok (tahun).

5.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah:

- a. Sebaiknya setelah pengambilan sampel dilakukan, langsung segera dimasukkan ke dalam freezer untuk meminimalkan gangguan dari luar.
- b. Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan pada responden perokok yang mengkonsumsi jenis rokok kretek.

DAFTAR PUSTAKA

- Abed HH, Al-fatah JA, Mohana MH, Hussein AAA. 2012. "Evaluation of calcium concentration in saliva of iraqi male smokers". **Al-Mustansiriyah J for Pharmaceutical Science** 11,1: 18-24.
- Alvira, F.C., Rozzi, F.R., Bilmes, G.M. 2010. "Laser-Induced Breakdown Spectroscopy Microanalysis of Trace Elements in *Homo Sapiens* Teeth". **Applied Spectroscopy** 64,3: 313-319.
- Amrongen, AVN., Michels, LFE., Roukema, PA., Veerman, ECL. 1991. **Ludah dan Kelenjar Ludah Arti Bagi Kesehatan Gigi**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Bafghi, AF., Tabrizi, AG., Bakhsyayi P. 2015. "The Effect of Smoking on Mineral and Protein Composition of Saliva." **Iranian Journal of Otorhinolaryngology** 27,4:301-305.
- Cremers, David A. dan L.J. Radziemski. 2013. **Handbook of Laser Induced Breakdown Spectroscopy Second Edition**. John Wiley.
- Devi TJ. 2014. "Saliva – A potential diagnostic tool". **Journal of Dental and Medical Sciences** 13,2: 52-57.
- Doll, R., dan Hill, A.B. 1950. "Smoking and Carcinoma of The Lung: Preliminary Report". **Brit. Med. J**: 739-748.
- Endre K. 2010. "Salivary Electrolytes, Focused on Salivary Calcium Level and The Periodontal State in Healthy Smoking and Non-Smoking Women". **Thesis Universitas Szeged**.
- Fortes, F.J., Moros, J., Lucena P., Luisa M.C., Laserna J.J. 2012. "Laser Induced Breakdown Spectroscopy". **American Chemical Society** 85:642.

Gaudio, R., Dell'Aglio, M., Pascale, O.D., Senesi, G.S., Giacomo, A.D. 2010. "Laser Induced Breakdown Spectroscopy for Elemental Analysis in Environmental, Cultural Heritage and Space Applications: A review of Methods and Results". **Sensors** 10: 7434-7468.

Gazmeh M., Bahreini M., Tavassoli S.H., Asnaashari M. 2014. "Qualitative Analysis of Teeth and Evaluation of Amalgam Elements Penetration into Dental Matrix Using Laser Induced Breakdown Spectroscopy". **Journal of Laser and Medical Science** 6,2:67-73.

Grays, JA. 1982. "Kinetics Dissolution of Human Dental Enamel in Acid". **J Dent Res** 41,8:633-645.

Grover, N., Sharma, J., Sengupta, S., Singh, S., Singh, N., Kaur, H. 2016. "Long-term Effect of Tobacco on Unstimulated Salivary Ph." **Journal of Oral and Maxillofacial Pathology** 20,1: 16-19.

Hidayat S., Adhani R., Arya, IW. 2014. "Perbedaan Ph Saliva Menggosok Gigi Sebelum dan Sesudah Mengonsumsi Makanan Manis dan Lengket". **Dentino (Jur Ked Gigi)** 2,1:39-45.

Junaidi, J. 2014. **Statistika Deskriptif dengan Microsoft Excel**. Jambi: Universitas Jambi.

Kasuma, N. 2015. **Fisiologi dan Patologi Saliva**. Padang: Andalas University Press.

Khan GJ., Mehmood R., Salahuddin, Marwat FM, Haq I., Rehman J. 2005. "Secretion of calcium in the saliva of long term tobacco users". **J Ayub Med Col Abbottabad** 17,4: 1-3.

Khrisna, M.B. 2016. "Perbedaan Kadar Malondialdehida pada Subyek Bukan Perokok, Perokok Ringan, Sedang, dan Berat".

Laporan Hasil Penelitian Karya Tulis Ilmiah. Universitas Diponegoro, Yogyakarta

Khumaeni, Ali dkk. 2006. “Perhitungan Rasio Intensitas Ca (II) 396.8 nm dan Ca (I) 422.67 nm pada Sampel Tasbih Asli dan Imitasi Menggunakan Metode Laser induced Shockwave plasma (LISPS)” **Berkala Fisika** 9,2:55-56.

Khurshid, F. dan Ansari, U. 2012. “Causes of Smoking Habit Among The Teenagers”. **Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business** 3,9:848-855.

Kim, T. dan Lin, C. 2012. “Laser-Induced Breakdown Spectroscopy”. **Intech**. open access chapter distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License. <<http://dx.doi.org/10.5772/48281>>

Kuswandani, F. 2016. “Analisis kadar kalsium saliva dan hubungannya dengan pembentukan karang gigi”. **IJPST**. 3,1: 31-35.

Llena-Puy C. 2006. “The role of saliva in maintaining oral health and as an aid to diagnosis”. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal** 11,5: 449-455

Matsuura, Yuji. 2016. “Detection of Early Caries by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy”. **Interface Oral Health Science**:173-179

Moreira AR., Passos IA., Sampaio FC., Soares MSM., Oliveira RJ. 2009. “Flow Rate, Ph and Calsium Concentration of Saliva of Children and Adolescents with Type-1 Diabetes Mellitus”. **Braz J Med Biol Res** 42,8: 707-711.

Myung, K., dan Seo, D. 2011. "Analysis of Smoking Related Characteristics Over Time in Korean Adult Smokers: findings from the international tobacco control (ITC) Korea Survey". **Official Journal of The Society for Research on Nicotine and Tobacco**

Niemz, M. H. 2007. **Laser-Tissue Interactions Fundamental and Application: Third Enlargement Edition**. Penerbit Springer. New York.

Overview LIBS Diakses dari <http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/5049/11/11_chapter%20i.pdf>

Pejic A., Obradovic R., Kesic L., and Kojovic D. 2007. "Smoking and periodontal disease: A review". **Medicine and Biology** 14,2: 53 – 59.

Rad M, Kakole S, Brojeni FN, Pourdamghan N. 2010. "Effect of long-term smoking on whole-mouth salivary flow rate and oral health". **J Dent Res Dent Clin Dent Prospects** 4,4: 110-4.

Ravald N., Birkhed D., Hamp SE. 1993. "Root Caries Susceptibility in Periodontally Treated Patients. Results After 12 Years". **J Clin Periodontal** 20,2: 124-129.

Saladin KS dan Porth CM. 1998. **Salivary glands. In anatomy ad physiology the unity of form and function**. 6th ed. New York: Oxford University Press.

Sham A et al. 2003. "The effects of tobacco use on oral health". **Hong Kong Medical Journal** 9: 271-7.

Singh M, Ingle E.2015. “Effect of long-term smoking on salivary flow rate and salivary pH”. **J Indian Assoc Public Health Dent** 13,1: 11-13.

Sitepoe, M. 2000. **Kekhususan Rokok Indonesia**. Jakarta: PT. Grasindo.

Soder B., Meurman JH., Soder PO. 2014. “Dental calculus is associated with death from heart infraction”. **Biomed Res Int**:569-675.

Suyanto, Hery. 2013. “Identifikasi Unsur Utama Penyusun Permukaan Bahan Baja Ringan dengan Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)”. **Jurnal Energi dan Manufaktur** 6, 2: 151-155.

Syahli, M.R. 2015. “Peran rokok terhadap kadar kalsium saliva”. **Skripsi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah**.

Thareja, R.K., Sharma, A.K., Shukla, S. 2008. “Spectroscopic Investigation of Carious Tooth Decay”. **Medical Engineering and Physics** 30:1143-1148

Varghese M., Hedge M., Kashyap R., Maiya AK. 2015. “Quantitative assessment of Calcium Profile in Whole Saliva from Smokers and Non-smokers with Chronic Generalized Periodontitis”. **Journal Of Clininal and Diagnostic Reasearch** 9,5:54-57.

Widarjono, Agus. 2013. **Ekonometrika: Pengantar dan Aplikasinya**. Jakarta: Ekonosia.

Wendri, N., Ratini, N.N., Sariasih, N.W., Suyanto, H. 2015. "Analisis Reaksi Unsur Karbon dengan Gas Nitrogen, Oksigen, dan Hidrogen dengan LIBS". **Senastek**. Universitas Udayana.

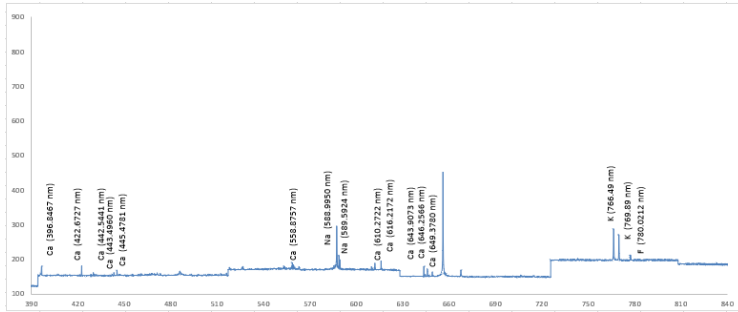
World Health Organization. 2013. WHO Report On The Global Tobacco Epidemic 2013. Geneva : WHO

Zappacosta B., Persichilli S., Mordente A. 2002. "Inhibition of Salivary Enzymes by Cigarette Smoke and The Protective Role of Glutathione". **Hum Exp Toxicol** 21,1:7-11.

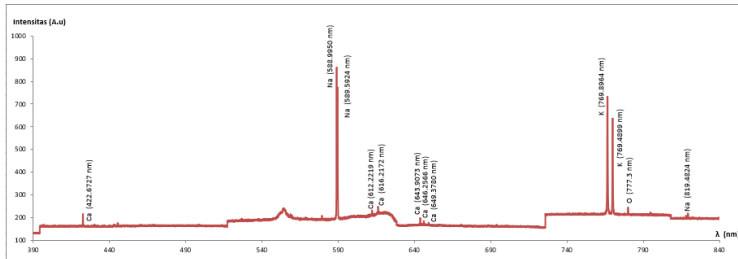
LAMPIRAN A.

Tabel A.1 Data panjang gelombang dan dan probabilitas unsur-unsur dalam saliva (NIST)

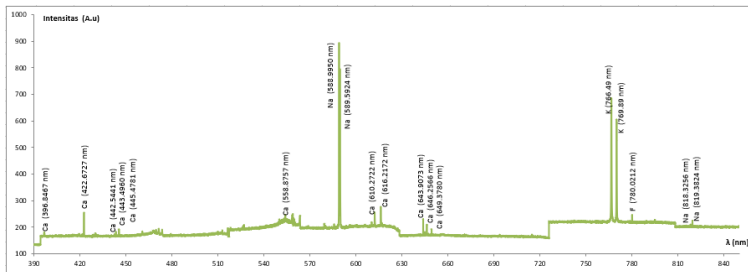
Unsur	Panjang Gelombang (nm)	Intensitas Emisi (A.u)	Probabilitas Transisi Elektron ($\times 10^8 \text{ s}^{-1}$)
Ca	396.8467	153.61	1.4
	422.6727	175.76	2.18
	442.5441	149.29	0.498
	443.4960	151.64	0.67
	445.4781	154.84	0.87
	558.8757	183.64	0.49
	612.2219	185.23	0.287
	616.2172	189.16	0.477
	643.9073	160.79	0.53
	646.2566	153.76	0.47
649.3780	151.82	0.44	
H	656.2725	150.80	0.224
N	744.2290	196.01	0.119
	746.8310	196.38	0.196
Na	588.9950	482.70	0.16
	589.5924	439.02	0.614
	819.4824	193.72	0.514
K	766.4899	383.48	0.38
	769.8964	353.08	0.37
O	777.3000	197.27	0.369



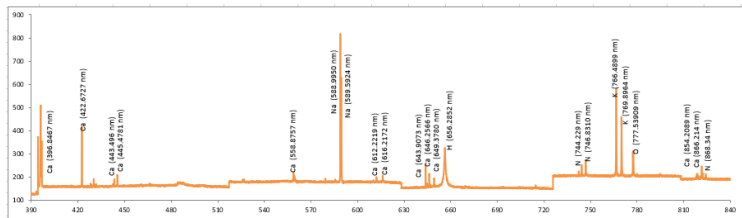
Gambar A.1 Spektra unsur-unsur saliva non perokok rata-rata



Gambar A.2 Spektra unsur-unsur saliva perokok ringan rata-rata



Gambar A.3 Spektra unsur-unsur saliva perokok berat sedang rata-rata

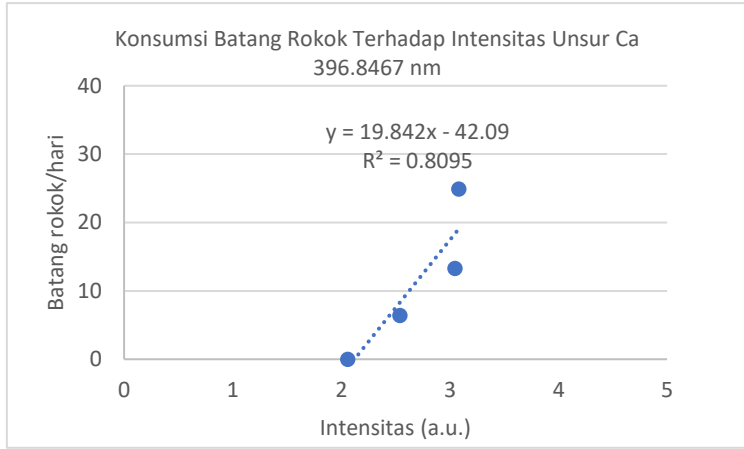


Gambar A.4 Spektra unsur-unsur saliva perokok berat rata-rata

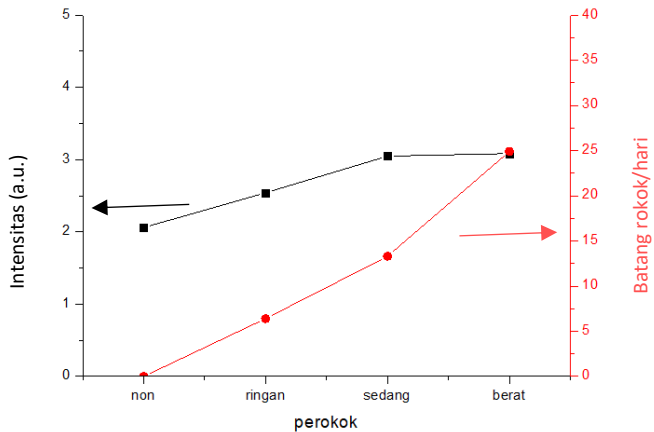
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B

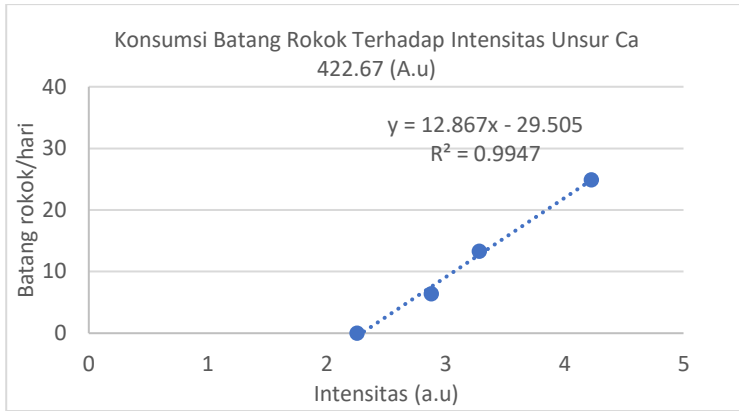
Intensitas Emisi Unsur Ca dan Konsumsi Batang Rokok Pada Berbagai Panjang Gelombang



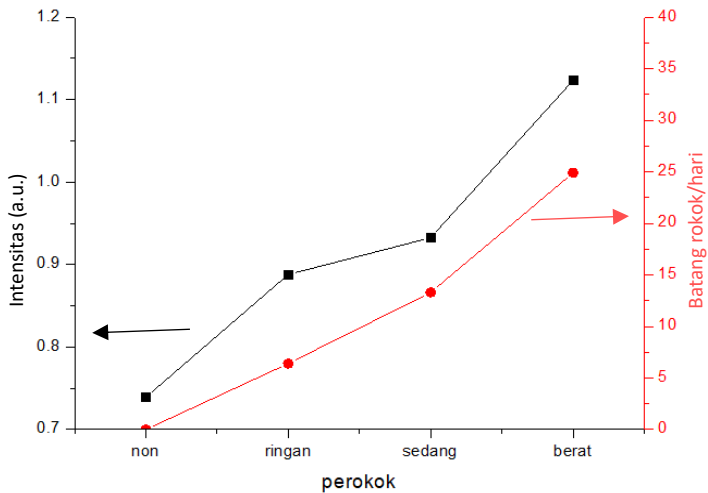
Gambar B.1 Kandungan unsur Ca^{2+} dalam saliva terhadap konsumsi batang rokok/hari



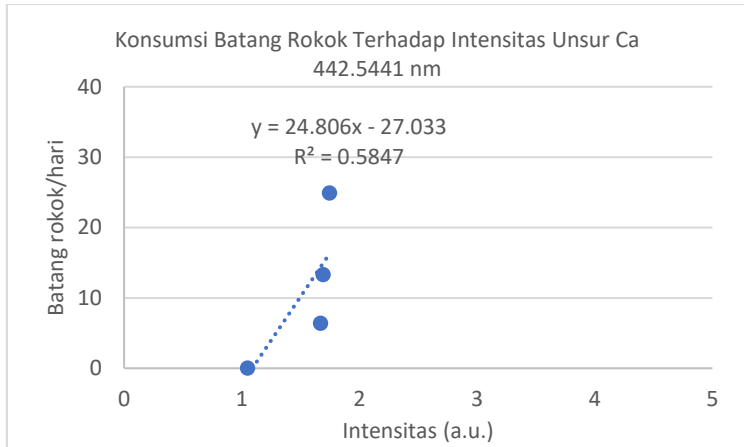
Gambar B.2 Grafik konsumsi batang rokok/hari dan intensitas emisi unsur Ca^{2+} pada panjang gelombang 396.8467 nm



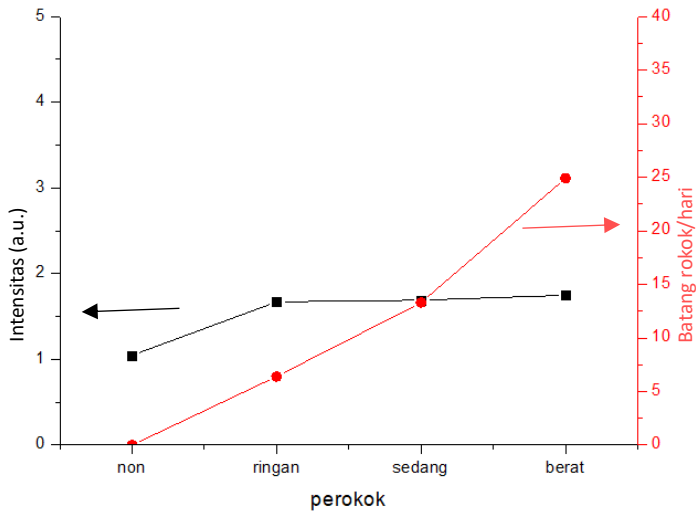
Gambar B.3 Kandungan unsur Ca^{2+} dalam saliva terhadap konsumsi batang rokok/hari



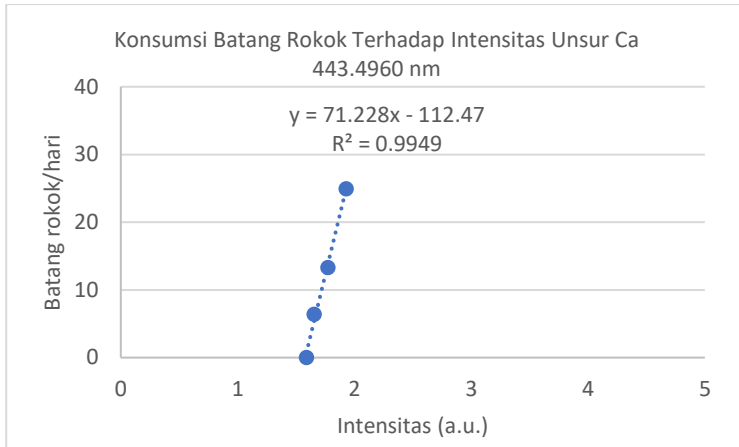
Gambar B.4 Grafik konsumsi batang rokok/hari dan intensitas emisi unsur Ca^{2+} pada panjang gelombang 422.6727 nm



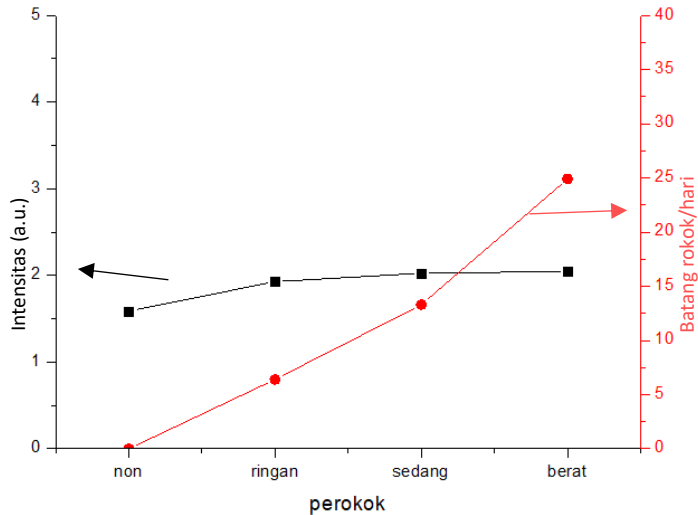
Gambar B.5 Kandungan unsur Ca^{2+} dalam saliva terhadap konsumsi batang rokok/hari



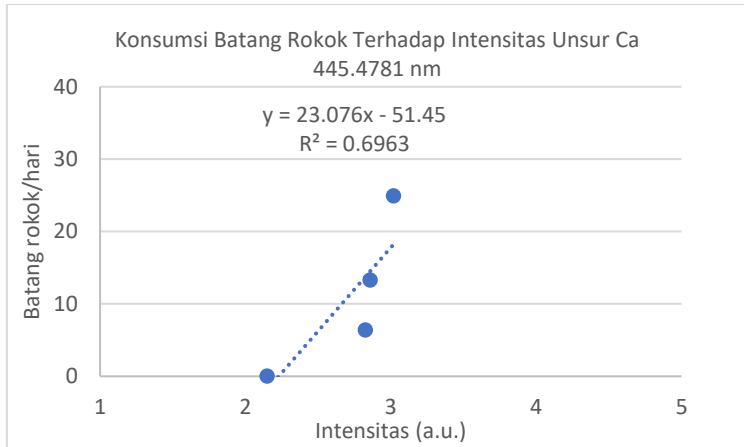
Gambar B.6 Grafik konsumsi batang rokok/hari dan intensitas emisi unsur Ca^{2+} pada panjang gelombang 442.5441 nm



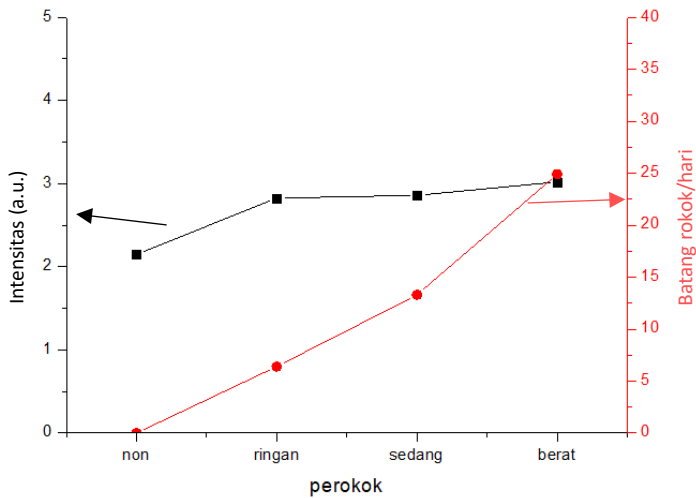
Gambar B.7 Kandungan unsur Ca^{2+} dalam saliva terhadap konsumsi batang rokok/hari



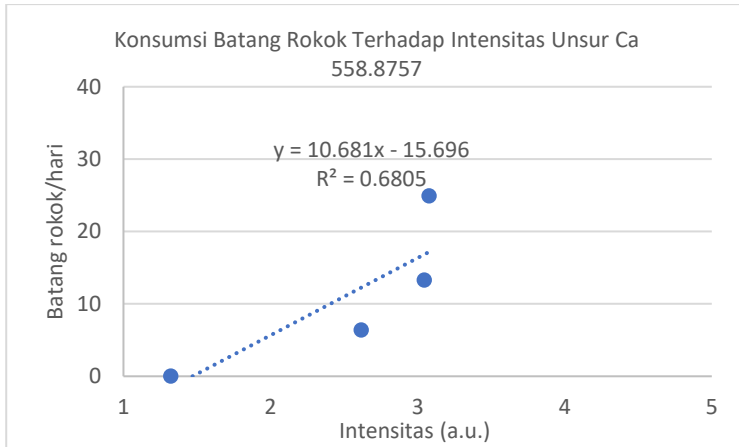
Gambar B.8 Grafik konsumsi batang rokok/hari dan intensitas emisi unsur Ca^{2+} pada panjang gelombang 443.4960 nm



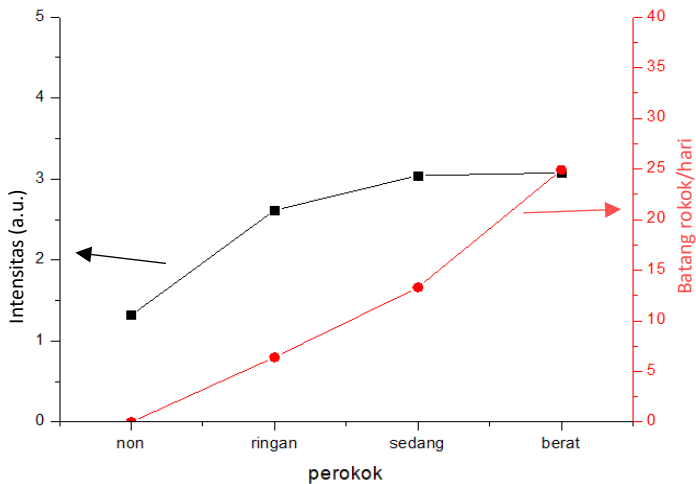
Gambar B.9 Kandungan unsur Ca^{2+} terhadap konsumsi batang rokok/hari



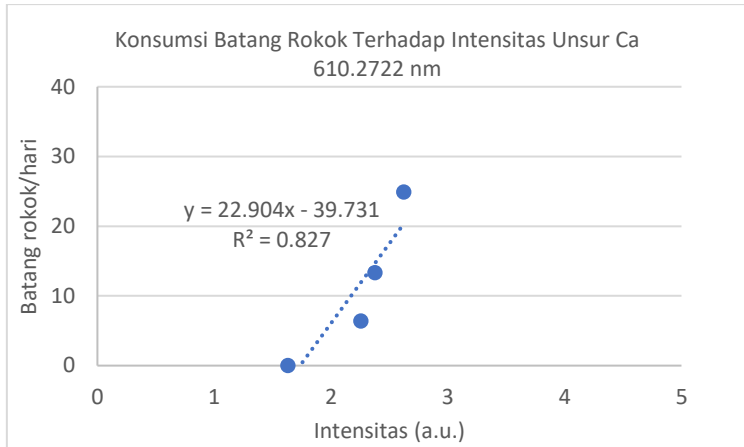
Gambar B.10 Grafik konsumsi batang rokok/hari dan intensitas emisi unsur Ca^{2+} pada panjang gelombang 445.4781 nm



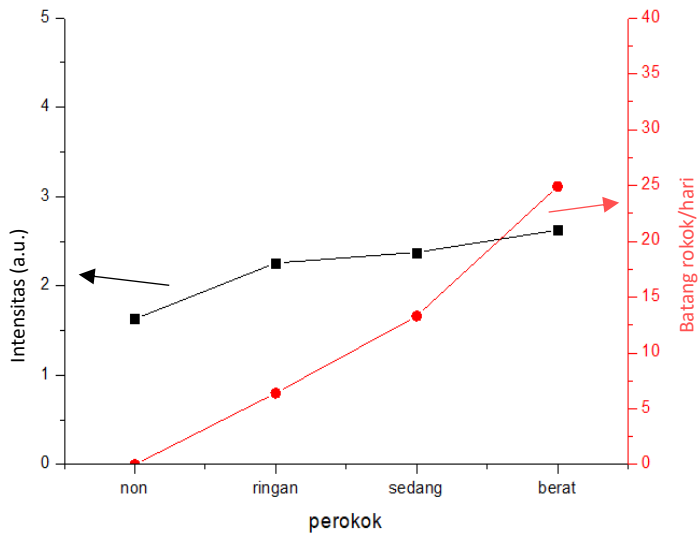
Gambar B.11 Kandungan unsur Ca^{2+} terhadap konsumsi batang rokok/hari



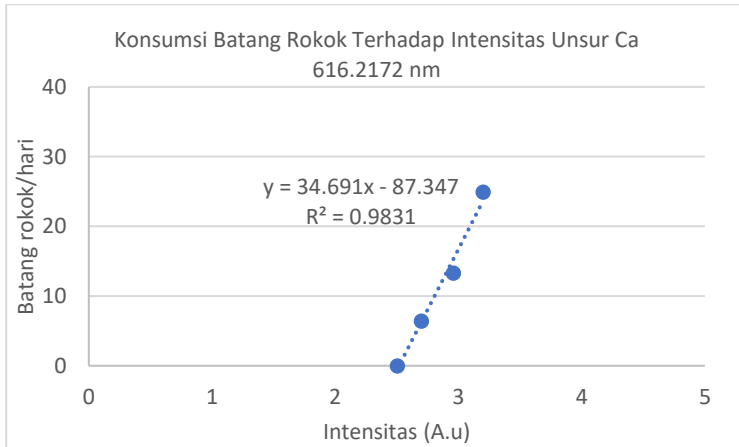
Gambar B.12 Grafik konsumsi batang rokok/hari dan intensitas emisi unsur Ca^{2+} pada panjang gelombang 558.8757 nm



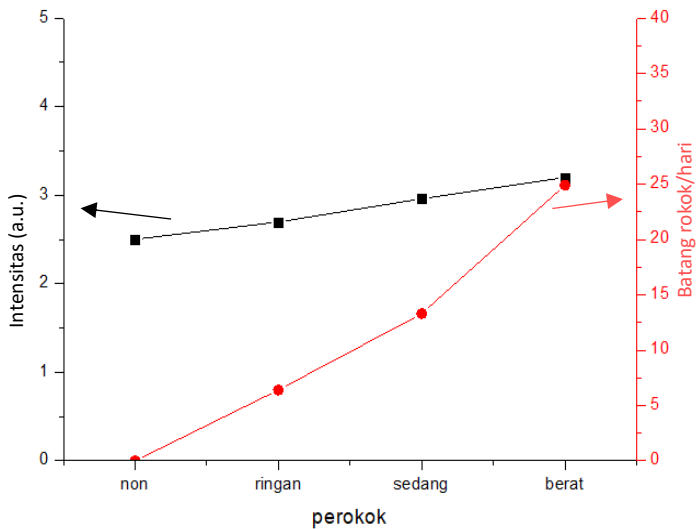
Gambar B.13 Kandungan unsur Ca^{2+} terhadap konsumsi batang rokok/hari



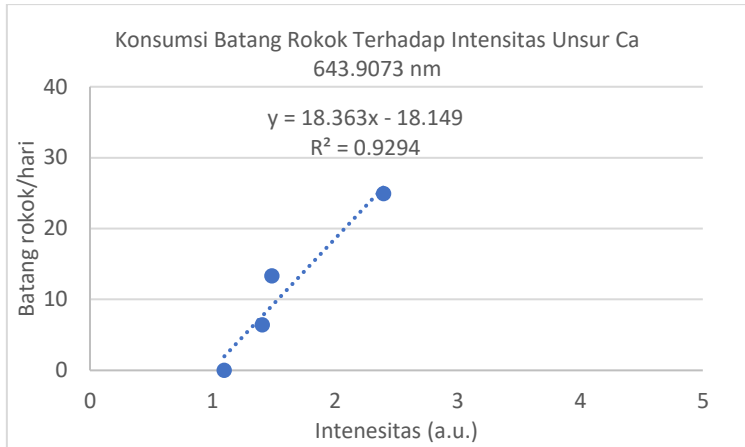
Gambar B.14 Grafik konsumsi batang rokok/hari dan intensitas emisi unsur Ca^{2+} pada panjang gelombang 610.2722 nm



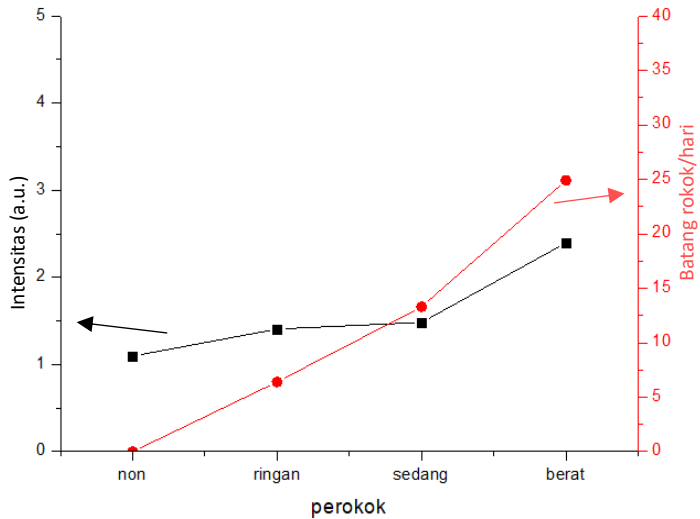
Gambar B.15 Kandungan unsur Ca^{2+} terhadap konsumsi batang rokok/hari



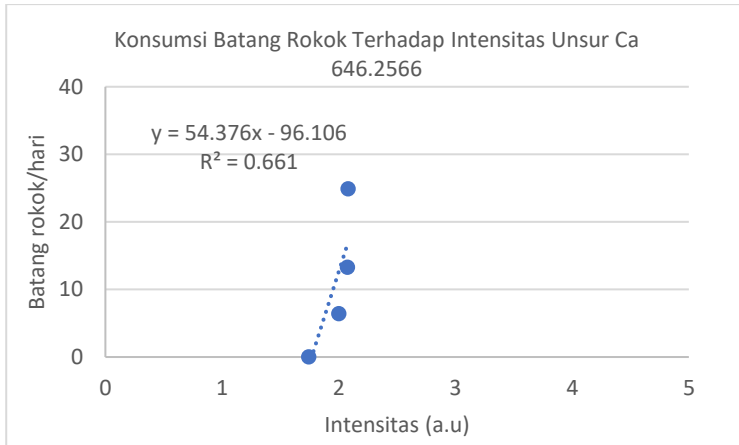
Gambar B.16 Grafik konsumsi batang rokok/hari dan intensitas emisi unsur Ca^{2+} pada panjang gelombang 616.2172 nm



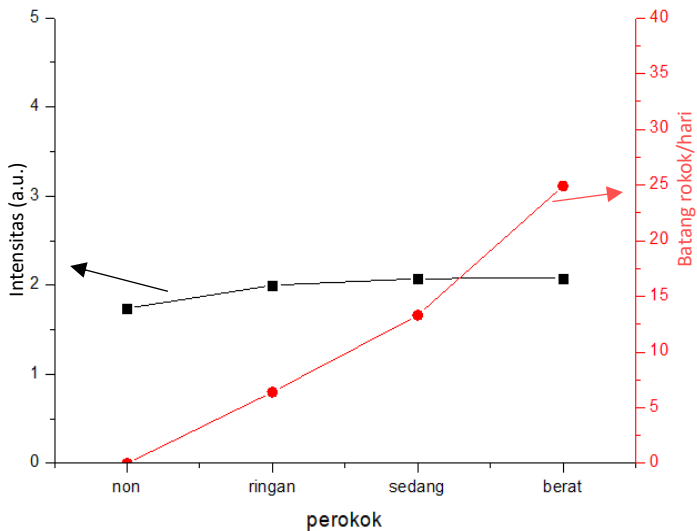
Gambar B.17 Kandungan unsur Ca^{2+} terhadap konsumsi batang rokok/hari



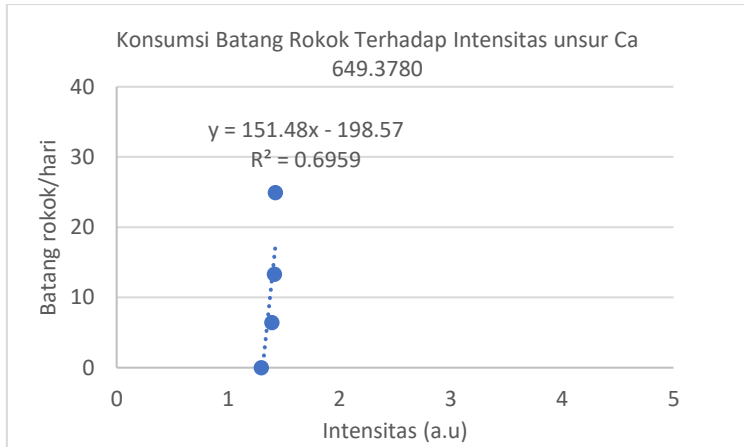
Gambar B.18 Grafik konsumsi batang rokok/hari dan intensitas emisi unsur Ca^{2+} pada panjang gelombang 643.9073 nm



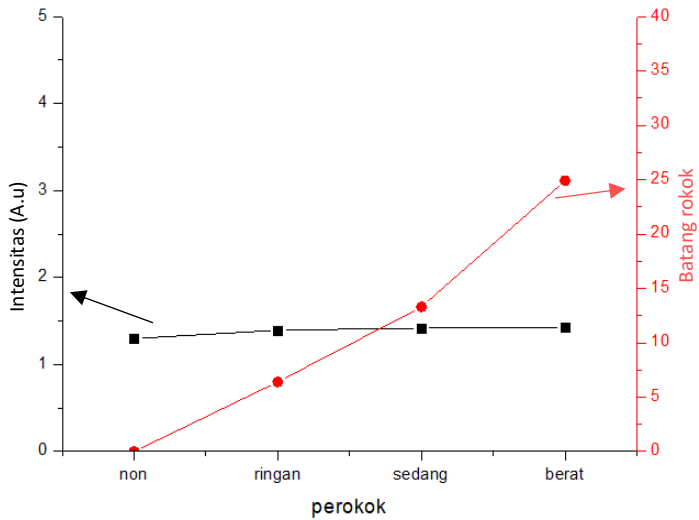
Gambar B.19 Kandungan unsur Ca^{2+} terhadap konsumsi batang rokok/hari



Gambar B.20 Grafik konsumsi batang rokok/hari dan intensitas emisi unsur Ca^{2+} pada panjang gelombang 646.2566 nm



Gambar B.21 Kandungan unsur Ca^{2+} terhadap konsumsi batang rokok/hari



Gambar B.22 Grafik konsumsi batang rokok/hari dan intensitas emisi unsur Ca^{2+} pada panjang gelombang 649.3780 nm

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN C.

Sebaran data konsumsi batang rokok/hari dan lama merokok (tahun)

Responden ke-	Perokok					
	Ringan		Sedang		Berat	
	Batang rokok	Lama merokok (Tahun)	Batang rokok	Lama merokok (Tahun)	Batang rokok	Lama merokok (Tahun)
1	10	15	11	20	24	41
2	6	28	12	42	21	31
3	3	25	12	37	24	30
4	8	5	18	28	40	17
5	9	10	12	33	36	24
6	2	18	14	22	20	25
7	7	30	12	29	20	6
8	4	15	16	17	21	46
9	6	30	14	17	21	30
10	10	20	12	34	21	34
Rata-rata	6.5 ± 2.838	19.6 ± 8.60491	13.3 ± 2.214	27.9 ± 8.6980	24.8 ± 7.162	28.4 ± 11.4232

LAMPIRAN D.

Tabel D.1 Intensitas Emisi Unsur Kalsium Saliva Perokok

Unsur	Panjang Gelombang (nm)	Perokok					
		Ringan		Sedang		Berat	
		Intensitas	Standar deviasi	Intensitas	Standar deviasi	Intensitas	Standar deviasi
Ca	396.8467	2.541	±0.7775	3.048	±0.4100	3.083	±0.5361
	422.6727	2.877	±0.1539	3.283	±0.1863	4.225	±0.1934
	442.5441	1.670	±0.1892	1.691	±0.1892	1.747	±0.1441
	443.4960	1.928	±0.4348	2.025	±0.2608	2.046	±0.2627
	445.4781	2.825	±0.3114	2.858	±0.2022	3.019	±0.3786
	558.8757	2.615	±0.4403	3.043	±0.4316	3.076	±0.4114
	610.2722	2.256	±0.2801	2.376	±0.4051	2.624	±0.1670
	616.2172	3.200	±0.2761	2.958	±0.3643	2.697	±0.3470
	643.9073	1.406	±0.1807	1.484	±0.1939	2.396	±0.2669
	646.2566	1.998	±0.1938	2.074	±0.5048	2.078	±0.2684
649.3780	1.394	±0.5293	1.418	±0.5255	1.427	±0.4202	



Penulis bernama Az Zahroh, merupakan anak pertama dari dua bersauda yang dilahirkan di Surabaya, 4 April 1995. Pendidikan formal dimulai dari TK Aisyiyah Bustanul Athfal, dilanjutkan di SDN Airlangga IV 201, SMPN 1 Surabaya dan SMAN 5 Surabaya. Usai lulus SMA pada tahun 2013, penulis melanjutkan jenjang pendidikan tinggi di S1 Teknik Fisika FTI-Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selain kegiatan perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi kampus seperti volunteer ITS IO, Engineering Physics English Club, OSA-SPIE Student Chapter, dan asisten Laboratorium Rekayasa Fotonika, serta beberapa kali mengikuti seminar. Penulis memilih dapat dihubungi melalui email zahrohahaha@yahoo.co.id.