

PENGARUH PENAMBAHAN NATRIUM FLOURIDA (NaF)  
DAN ASAM ASETAT TERHADAP PROSES  
DEMINERALISASI GIGI

DINAR ABBAS  
H 311 99 019



PERPUSTAKAAN PUSAT UNIM. HASANUDDIN	
Tgl. Terima	19 Januari 05
Asal Dari	Fak - Bi pa.
Banyaknya	1. ek
Harga	hadrah
No. Inventaris	05191 212
Revisi	- 24256

JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2004

**PENGARUH PENAMBAHAN NATRIUM FLOURIDA (NaF)  
DAN ASAM ASETAT TERHADAP PROSES  
DEMINERALISASI GIGI**

*Skripsi diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains*

Oleh

**DINAR ABBAS**  
**H 311 99 019**



**MAKASSAR**  
**2004**

**SKRIPSI**


**PENGARUH PENAMBAHAN NATRIUM FLORIDA (NaF) DAN ASAM  
ASETAT TERHADAP PROSES DEMINERALISASI GIGI**

Disusun dan diajukan oleh:

**DINAR ABBAS**  
**H 311 99 019**

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Pembimbing Utama**



**Drs. H. Abd. Wahid Wahab, M.Sc**  
**NIP. 130 535 950**

**Pembimbing Pertama**



**Dra. Hj. Rohani Bahar**  
**NIP. 131 570 876**

**Pembimbing Kedua**



**drg. Nasman Nur Alim, Ph.D**  
**NIP. 131 876 909**

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Hai orang –orang beriman, bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap diri memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat), dan bertakwalah kepada Allah, sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang*

*kamu kerjakan*

*(Al – Hasyr : 18)*

*Kerendahan hati dan ketenangan adalah satu paket,  
Kesombongan dan kegelisahan bathin adalah paket lainnya,  
Bila ingin tenang maka pilihlah kerendahan hati*

*Tugas akhir ini saya persembahkan*

*Kedua Orangtuaku tercinta,*

*kakak-kakakku*

*adikku tersayang*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'Alaikum Wr. Wb.*

Segala puji hanya bagi Allah SWT yang telah memberikan begitu banyak nikmat kepada kita. Hanya kepada-Nya kita memuji, memohon pertolongan dan magfirah serta keselamatan dunia dan akhirat. Juga karena atas izin dan rahmat-Nya jugalah, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak yang telah begitu ikhlas dalam membantu penulis selama ini.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan disertai rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Ibunda tercinta Sawiah dan Ayahanda tersayang Abbas** semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah dan kemuliaan kepada keduanya di dunia dan di akhirat.
2. Bapak **Drs. H. Abdul Wahid Wahab, MSc**, Ibu **Dra. H. Rohani Bahar** dan Bapak **drg. Nasman Nur Alim, PhD** selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, mencurahkan pikiran, dan dengan besar hati memberikan dorongan moril kepada penulis selama mengerjakan penelitian dan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak **Drs. Beddu Jawahir, Msi**, Ibu **Dra. Hasnah Natsir, MSi**, Ibu **Dr. Paulina Taba, M.Pill** selaku tim penguji. Dan tak lupa kepada segenap staf

dosen Jurusan Kimia dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin atas bimbingannya selama ini.

4. Keluarga besarku yang tercinta : **Kak Fatma, Kak Rais-Melda, Kak Jumar-Anthi, Kak Yusuf, adikku tersayang Hasnawati, keponakan-keponakan manisku Ahmad Naufal Fadhil, St. Rahmawati, Muhammad Rezky Yusuf, Muhammad Afif Jumar, serta Kel. Besar Zahra dan Hilda Octavia** atas pengertian dan kebahagiaan yang penulis rasakan. Semoga kalian tetap dalam lindungan Allah SWT.
5. Seluruh rekan-rekan **KISS**, atas pengertian dan kebersamaannya
6. Akhwat **Istiqamah** dan **FSUA** atas bantuan, nasehat dan kasih sayangnya.
7. Adik-adik angkatan 00, khususnya **Tenri** dan **Santi**, 01, 02 dan 03 serta senior-senior Chemistry Unhas.
8. Pegawai **Balai Instalasi Tanah Maros** atas bantuannya selama ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tidak mudah untuk menghasilkan sebuah tulisan yang memenuhi persyaratan sebagai suatu karya ilmiah yang penuh dengan kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis senantiasa berharap dan ikhlas menerima saran dan kritik yang membangun dari semua pihak, demi kesempurnaan penyajian selanjutnya.

Akhirnya penulis hanya mampu mendoakan, semoga semua aktivitas kita diridhoi oleh Allah SWT, semoga segala keikhlasan dan kebaikan kita, memperoleh pahala yang setimpal dari Allah SWT. Amin.

*Wassalamu 'Alaikum Wr. Wb.*

## ABSTRAK

Analisis mengenai pengaruh penambahan Natrium flourida dan Asam asetat terhadap proses demineralisasi gigi ditentukan dengan menggunakan spektroskopi serapan atom (SSA) dan spektroskopi UV-VIS dengan metode kurva kalibrasi standar. Penyiapan sampel dilakukan dengan merendam gigi pada berbagai konsentrasi Asam asetat yaitu 1 M, 0,5 M dan 0,1 M, tanpa penambahan Natrium flourida dan dengan penambahan Natrium flourida pada berbagai konsentrasi yaitu 0,5 ppm, 1 ppm dan 2 ppm selama 3, 6, 9, 24 dan 168 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi maksimum dari kalsium dan fosfat tanpa penambahan Natrium flourida adalah 338,27 ppm dan 776,37 ppm dan dengan penambahan Natrium flourida adalah 273,57 ppm dan 7121,06 ppm (NaF 0,5 ppm, perendaman selama 168 jam dalam Asam asetat 1 M). Konsentrasi minimum dari kalsium and fosfat tanpa penambahan Natrium flourida adalah 16,91 ppm dan 23,05 ppm dan dengan penambahan Natrium flourida adalah 5,3 ppm (NaF 1 ppm) dan 2,4 ppm (NaF 2 ppm) pada perendaman selama 3 jam dalam Asam asetat 0,1 M.

Kata kunci: Asam asetat, demineralisasi, fosfat, kalsium, Natrium flourida

## ABSTRACT

Analysis about the effect of Sodium fluoride and Asetic acid addition to teeth demineralization process determined by using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) and UV-VIS Spectroscopy with standard calibration curve. Preparation of sample conducted by soaking teeth at various concentrations of Asetic acid are 1 M, 0.5 M and 0.1 M, without addition of Sodium fluoride and by addition of Sodium fluoride that various concentrations are 0.5 ppm, 1 ppm and 2 ppm during 3, 6, 9, 24 and 168 hours. The Results showed that the maximum concentration of calcium and phosphate without addition of Sodium fluoride is 338.27 ppm and 776.37 ppm and by addition of Sodium fluoride 1 ppm is 273.57 ppm and 771.06 ppm (NaF 0.5 ppm) that soaking during 168 hours in Asetic acid 1 M. The minimum concentration of calcium and phosphate without addition of Sodium fluoride is 16.91 ppm and 123.05 ppm and by addition of Sodium fluoride is 5.3 ppm (NaF 1 ppm) and 2.4 ppm (NaF 2 ppm) that soaking during 6 hours and 3 hours in Asetic acid 0.1 M.

*Keywords:* Asetic acid, calcium, demineralization, phosphate, Sodium fluoride



# DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	2
1.2.1 Maksud Penelitian .....	2
1.2.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Komposisi Gigi .....	4
2.2 Proses Pembentukan Asam-asam Organik Dalam Mulut.....	4
2.3 Plak.....	5
2.4 Karies Gigi.....	7
2.5 Sifat-sifat Fisis-Kimia Asam Asetat.....	9
2.6 Peranan Flour dalam Menghambat Pembentukan Asam.....	10
2.7 Spektrofotometri UV-VIS .....	11

2.7.1 Hukum Lambert Beer.....	14
2.7.2 Instrumen Spektrofotometri UV.....	15
2.8 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) .....	18
2.8.1 Komponen Utama SSA.....	21
2.8.2 Tahapan Penting Dalam Metode SSA.....	22
2.8.3 Keunggulan dan Kelemahan SSA tanpa Nyala.....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Bahan Yang Digunakan .....	25
3.2 Alat Yang Digunakan.....	25
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	25
3.4 Metode Kerja.....	26
3.4.1 Penyiapan Contoh.....	26
3.4.2 Pembuatan Larutan Asam Asetat 1 M.....	26
3.4.3 Pembuatan Larutan Natrium Asetat 1,929 N.....	26
3.4.4 Pembuatan Larutan Natrium Asetat 1,1819 N.....	26
3.4.5 Pembuatan Larutan Buffer Asetat pH 5 Dengan Konsentrasi Asam Asetat 1 M.....	26
3.4.6 Pembuatan Larutan Buffer Asetat pH 5,02 Dengan Konsentrasi Asam Asetat 0,5 M.....	26
3.4.7 Pembuatan Larutan Buffer Asetat pH 5,1 Dengan Konsentrasi Asam Asetat 0,1 M.....	27
3.4.8 Perlakuan Gigi Dalam Asam Asetat Tanpa Penambahan Natrium Flourida.....	27
3.4.9 Perlakuan Gigi Dalam Asam Asetat Dengan Penambahan Natrium Flourida.....	27
3.4.10 Pembuatan Larutan Pereaksi Fosfor Pekat.....	28
3.4.11 Pembuatan Larutan Pewarna Biru Molibdat.....	28
3.4.12 Pembuatan Larutan Lantan 2,5 %.....	28
3.4.13 Pembuatan Larutan Lantan 0,25 %.....	28

3.4.14 Pembuatan Larutan Standar .....	28
3.4.14.1 Pembuatan Larutan Standar 1000 ppm.....	28
3.4.14.2 Pembuatan Larutan Standar Kalsium100 ppm.....	29
3.4.15 Pembuatan Deret Larutan Standar Kalsium.....	29
3.4.16 Pembuatan Deret Larutan Standar Fosfat.....	29
3.4.17 Pengukuran Fosfat Dengan Spektrofotometri UV-VIS...	30
3.4.18 Pengukuran Kalsium Dengan SSA.....	30
3.4.19 Teknik Kurva Kalibrasi.....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1 Kalsium .....	32
4.2 Fosfat.....	38
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>45</b>
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>48</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Tipe Spektrofotometer dan Jenis Lampu Yang Digunakan.....	19
2. Hasil Pengukuran Kalsium Tanpa Penambahan Natrium Flourida .....	33
3. Hasil Pengukuran Kalsium Dalam Asam Asetat 0,1 M .....	34
4. Hasil Pengukuran Kalsium Dalam Asam Asetat 0,5 M .....	36
5. Hasil Pengukuran Kalsium Dalam Asam Asetat 1 M .....	37
6. Hasil Pengukuran Fosfat Tanpa Penambahan Natrium Flourida .....	39
7. Hasil Pengukuran Fosfat Dalam Asam Asetat 0,1 M .....	40
8. Hasil Pengukuran Fosfat Dalam Asam asetat 0,5 M .....	42
9. Hasil Pengukuran Fosfat Dalam Asam Asetat 1 M .....	43

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Skema Kerja Spektrofotometer UV-VIS.....	15
2. Skema Kerja Spektrofotometer Serapan Atom.....	21
3. Hasil Pengukuran Kalsium Tanpa Penambahan Natrium Flourida .....	33
4. Hasil Pengukuran Kalsium Dalam Asam Asetat 0,1 M .....	35
4. Hasil Pengukuran Kalsium Dalam Asam Asetat 0,5 M .....	36
5. Hasil Pengukuran Kalsium Dalam Asam Asetat 1 M .....	37
6. Hasil Pengukuran Fosfat Tanpa Penambahan Natrium Flourida .....	39
7. Hasil Pengukuran Fosfat Dalam Asam Asetat 0,1 M .....	41
8. Hasil Pengukuran Fosfat Dalam Asam Asetat 0,5 M .....	42
9. Hasil Pengukuran Fosfat Dalam Asam Asetat 1 M .....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

Halama 1

1. Skema Pembuatan Larutan Buffer Asetat.....	49
2. Bagan Kerja Perlakuan dengan Asam Asetat tanpa NaF.....	50
3. Bagan Kerja Perlakuan dengan Asam Asetat dengan NaF.....	51
4. Kurva Standar Kalsium (3 jam).....	52
5. Kurva Standar Kalsium (6 jam).....	53
6. Kurva Standar Kalsium (9 jam).....	54
7. Kurva Standar Kalsium (24 jam).....	55
8. Kurva Standar Kalsium (168 jam).....	56
9. Kurva Standar Fosfat (3 jam).....	57
10. Kurva Standar Fosfat (6 jam).....	58
11. Kurva Standar Fosfat (9 jam).....	59
12. Kurva Standar Fosfat (24 jam).....	60
13. Kurva Standar Fosfat (168 jam).....	61
14. Perhitungan Garis Regresi Linear Untuk Kalsium (3 jam).....	62
15. Perhitungan Garis Regresi Linear Untuk Kalsium (6 jam).....	63
16. Perhitungan Garis Regresi Linear Untuk Kalsium (9 jam).....	64
17. Perhitungan Garis Regresi Linear Untuk Kalsium (24 jam).....	65
18. Perhitungan Garis Regresi Linear Untuk Kalsium (168 jam).....	66
19. Perhitungan Garis Regresi Linear Untuk Fosfat (3 jam).....	67
20. Perhitungan Garis Regresi Linear Untuk Fosfat (6 jam).....	68
21. Perhitungan Garis Regresi Linear Untuk Fosfat (9 jam).....	69

22. Perhitungan Garis Regresi Linear Untuk Fosfat (24 jam).....	70
23. Perhitungan Garis Regresi Linear Untuk Fosfat (168 jam).....	71

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

g	=	gram
%	=	persen
C	=	karbon
OH	=	hidroksi
H <sub>2</sub> O	=	aquades
Kons	=	konsentrasi
Abs	=	absorban
ppm	=	part per million
mL	=	mililiter
NaOH	=	natrium hidroksida
UV-VIS	=	ultra violet-visibel
PO <sub>4</sub>	=	fosfat
NaF	=	natrium flourida
Ca	=	kalsium
ATP	=	adenosin trifosfat
COOH	=	karboksilat
CH <sub>3</sub>	=	metil
C=O	=	karbonil
°C	=	Celsius
IR	=	infra merah
D <sub>2</sub>	=	lampu deuterium
W	=	lampu tungsten halogen



# BAB I

## PENDAHULUAN



### 1.1 Latar Belakang

Tubuh manusia terdiri dari berbagai jaringan tubuh yang kalau diperiksa komposisinya maka tubuh manusia akan terdiri dari zat-zat gizi seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral. Makanan yang dikonsumsi sehari-hari harus terdiri dari zat-zat gizi tersebut. Akan tetapi karbohidrat yang merupakan makanan pokok negara kita dapat mengalami proses fermentasi didalam mulut terutama sisa-sisa makanan yang melekat pada permukaan gigi. Sisa makanan tersebut dapat mengalami perubahan menjadi asam, salah satunya yaitu asam asetat. Asam asetat tersebut terjadi melalui proses fermentasi glikolisis dengan bantuan mikroorganisme. Mikroorganisme yang memetabolismekan karbohidrat menjadi asam asetat adalah *Streptococcus mutans* dan *Lactobacillus* (Hoongendorn, 1982). Selain dari proses fermentasi, asam asetat juga dapat diperoleh dari makanan yang dikonsumsi secara langsung, dimana asam ini digunakan sebagai zat penyedap makanan dan zat pengawet makanan. Asam inilah yang dapat menyebabkan terjadinya pelarutan email gigi (karies).

Menurut Panjaitan dalam Schuurs (1992), bahwa gigi sehat adalah gigi yang tidak ada karies, tidak ada gejala penyakit periodental serta rapi bersusun ke32 butirnya. Kandungan utama gigi adalah hidroksiapatit yang terdiri dari kalsium dan fosfat dan dapat mengalami proses demineralisasi akibat adanya asam seperti asam asetat. Proses karies dimulai dengan larutnya email sebagai

akibat terganggunya keseimbangan antara email dan sekelilingnya yang disebabkan pembentukan asam dari substrat (medium makanan bakteri) kemudian timbul desktruksi komponen-komponen anorganik dan akhirnya terbentuk lubang.

Akan tetapi proses demineralisasi tersebut dapat dihambat dengan penambahan flour. Pengaruh flour dapat diamati melalui perbandingan perlakuan material gigi pada variasi konsentrasi asam asetat dan waktu kontak antara asam asetat dengan gigi tanpa penambahan flour dan dengan penambahan flour (Margolis,1986).

Penelitian mengenai pengaruh penambahan Natrium fluorida dan asam laktat dalam proses demineralisasi email gigi belum pernah dilakukan. Bertolak dari hal tersebut di atas maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi dan waktu kontak antara Natrium fluorida dan asam laktat dengan material gigi dalam proses demineralisasi email gigi.

Kandungan kimia yang diperoleh dari proses demineralisasi email gigi yaitu kalsium dan fosfat dapat ditentukan kadarnya dengan menggunakan teknik Spektrofotometri Serapan Atom dan Spektrofotometri Ultra Violet-Visible.

## 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

### 1.2.1 Maksud Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang pengaruh konsentrasi Asam asetat dan waktu kontak antara gigi dengan Asam asetat tanpa penambahan flour dan dengan penambahan flour terhadap proses demineralisasi gigi.

### 1.2.2 Tujuan Penelitian

1. Menentukan kadar kalsium dan fosfat yang dihasilkan dari proses demineralisasi gigi akibat pengaruh konsentrasi Asam asetat dan waktu kontak antara gigi dan Asam asetat tanpa penambahan flour dan dengan penambahan flour.
2. Menentukan pengaruh konsentrasi Asam asetat dan waktu kontak antara gigi dengan Asam asetat dalam proses demineralisasi gigi.
3. Menentukan daya hambat Natrium flourida terhadap proses demineralisasi gigi.

### 1.3 Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan informasi tentang pengaruh penambahan Natrium flourida dan Asam asetat terhadap proses demineralisasi gigi.
2. Untuk pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA



#### 2.1 Komposisi Gigi

Email merupakan bagian terluar dari gigi dan biasanya pertama kali mengalami karies. Email terdiri dari 97% bahan anorganik, 2% bahan organik dan 1% air. Diantara senyawa-senyawa kalsium fosfat yang penting adalah hidroksiapatit  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  (Alim dan Wahid, 2004). Bagian-bagian anorganik gigi terdiri dari : fosfat 55,5 %, kalsium 37 %, karbonat 3,5 % dan natrium 0,5 % ( Tarigan, 1990).

#### 2.2 Proses Pembentukan Asam-asam Organik dalam Mulut

Makanan yang dikonsumsi yang mengandung monosakarida dan disakarida dapat larut dalam air dan dapat berfermentasi dengan baik (glukosa, maltosa, sukrosa, dan laktosa). Bahan-bahan lainnya seperti tepung kanji pertamanya setelah terhidrolisis oleh enzim pada saliva, akan dapat digunakan sebagai substrat untuk bakteri plak. Fermentasi anaerob atau kerusakan glikolitik berjalan melalui glukosa. Satu molekul glukosa setelah terpolarisasi dipisahkan menjadi dua molekul triosa yang pada gilirannya melalui beberapa reaksi perantara dioksidasi menjadi asam piroanggur. Dengan ini setiap molekul glukosa melepaskan dua molekul fosfat kaya energi (ATP), yaitu energi yang dibutuhkan oleh bakteri untuk hidup dan tumbuh. Asam piroanggur adalah hasil perantara sentral, dari sini dibentuk asam-asam akhir organik. Beberapa bakteri diantaranya *Streptococcus mutans* dan *Lactobacillus* mereduksi asam piroanggur menjadi asam susu. Kebanyakan bakteri lain yang heterofermentatif membentuk suatu

campuran asam-asam akhir organik (Asam laktat,Asam sitrat,Asam asetat dan Asam propionat) (Huis,1993).

### 2.3 Plak

Mulut dengan suasana yang hangat,basah dan kadang-kadang berisi makanan,mendukung kehidupan berbagai jenis bakteri diantaranya terdapat jenis tertentu yang disebut *Streptococcus*. Beberapa jenis *Streptococcus* bisa menyebabkan radang tenggorokan,demam scarlet dan penyakit lainnya,tetapi jenis yang biasanya ditemukan di dalam mulut mempunyai sifat yang lebih jinak. *Streptococcus* tertentu yang terdapat di dalam mulut ini memiliki kemampuan untuk melekatkan diri pada permukaan yang keras. Bakteri ini akan berkembang biak dan menghasilkan sel-sel bakteri baru sampai terbentuk suatu kelompok yang cukup besar untuk dapat dilihat dengan mata. Bakteri ini tidak dapat membedakan permukaan keras di dalam mulut,seperti permukaan gigi,permukaan tambalan,permukaan gigi tiruan,permukaan karang gigi ataupun permukaan keras lain di dalam mulut. Setelah bakteri *Streptococcus* membentuk kelompok,bakteri jenis lainnya juga ikut menempel pada kelompok bakteri *Streptococcus* ini, termasuk jenis bakteri yang tipis dan panjang. Protein yang berasal dari air liur juga ikut bergabung dengan kelompok bakteri lainnya membentuk suatu bentangan gambar mikroskopis. Setelah beberapa jam,permukaan gigi yang mula-mula bersih,dapat dilapisi oleh campuran tadi. Campuran ini disebut dengan plak (Besford,1996). Permulaan terjadinya karies yaitu dengan terbentuknya plak. Pembentukan plak tidak terjadi secara acak tetapi terjadi secara teratur. (Jenny,1994).

Berbagai jenis organisme yang merupakan penghuni normal rongga mulut tergabung dalam plak. Banyak organisme yang menghasilkan asam dengan cara melakukan fermentasi karbohidrat. Hanya beberapa organisme yang tidak dapat menghasilkan asam tetapi dapat hidup lebih lama dalam medium asam yang mereka buat. Fasilitas ini digunakan untuk bertahan hidup lebih lama dalam sebuah medium asam (bakteri asidurik) dan dapat berkembang biak dibawah konsentrasi asam yang cukup tinggi pada plak gigi yang menyebabkan terjadinya demineralisasi. Organisme tersebut memproduksi asam dengan cepat ketika plak tidak terganggu tetapi produksi asam terganggu ketika plak dilepaskan.

Setelah mengkonsumsi karbohidrat halus seperti sukrosa, pH plak turun secara drastis dan Asam asetat dimetabolismekan oleh bakteri. Hasil metabolisme yang bertambah adalah Asam asetat dan Asam propionat. Pada beberapa hal, pH plak tidak dapat kembali pada nilai normal untuk waktu yang lama dimana pada saat itu bakteri kembali menghasilkan senyawa energi pada proses fermentasi karbohidrat. Dengan konsep bahwa senyawa itu menyebabkan penurunan nilai pH, selama itu aliran buffer saliva juga turun, hal itu terjadi selama waktu tidur dan diantara waktu makan (Kerr, 1978).

Pada plak yang baru terbentuk, bakteri yang paling banyak adalah *Streptococcus* dan *Neisseria*, tetapi sesuai dengan perjalanan waktu, terdapat pula bakteri lain yang berkembang biak terutama *Actinomyces* dan *Veillonella* (Ford, 1986).

Menurut Brundefald dan Okuda dalam Alim dan Wahid (2004) mengatakan bahwa plak gigi memegang peranan penting dalam proses terjadinya karies gigi dan dalam proses metabolisme mikroorganisme di dalam plak gigi.

Plak terutama terdiri atas bakteri bercampur mucin dan bahkan sisa-sisa makanan dan bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan gigi di daerah yang tidak mudah dibersihkan. Jenis bakteri yang paling banyak ditemukan adalah *Streptococcus*. Menurut Nolte (1977) dan Watergren (1981) dalam Alim dan Wahid (2004), mengatakan bahwa komponen plak ialah *Streptococcus mutans* dan *Streptococcus sanguis* ditandai dengan kemampuannya mensintesis polisakarida ekstraseluler dan asam. Mikroorganisme tersebut telah membentuk asam (asidogenil:) juga tahan asam (asidurik).

#### 2.4 Karies Gigi

Karies gigi sebenarnya berasal dari bahasa Latin, berarti lubang gigi dan ditandai oleh rusaknya email dan dentin yang progresif yang disebabkan oleh keaktifan metabolisme plak bakteri. Proses karies mulai dari permukaan gigi dan terus berpenetrasi makin kedalam, ketika mencapai dentin perkembangannya makin cepat sehingga menyebabkan email menggaung (Ford, 1986).

Gigi dan kesehatan mulut yang tidak terjaga tidak hanya mengganggu kesehatan dan performa seseorang tetapi juga orang lain di sekitar pemilik gigi dan mulut itu karena bau tidak sedap yang dipancarkan. Gigi sehat adalah gigi yang tidak ada karies, tidak ada gejala penyakit periodental serta rapi bersusun ke32 butirnya. Karies disebabkan oleh plak akibat adanya aktivitas bakteri pada gigi yang tidak dibersihkan. Penyakit periodental ini disebabkan oleh kesehatan mulut yang tidak terjaga, hanya dalam hitungan 3-4 menit bakteri *Streptococcus mutans* dan *Laktobacillus* akan memetabolismekan sisa makanan yang menempel di gigi dan menghasilkan asam. Asam inilah yang sifatnya merusak email gigi

(proses pelarutan) dan jaringan pendukungnya sehingga terjadi karies (Anggara,2004).

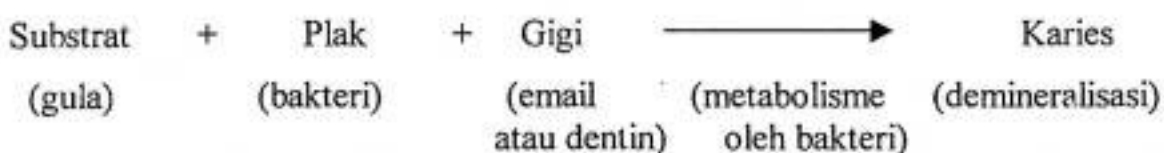
Tiap hari mengalir satu liter air ludah melalui mulut. Email secara berangsur-angsur akan larut didalam air ludah,bila air ludah terhadap email tidak jenuh dengan kalsium dan fosfat yang selebihnya untuk sebagian terikat pada plak. Email terdiri dari mineral yang sangat mirip dengan hidroksiapatit, $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ,tetapi didalamnya terdapat juga ion-ionnya. Sebagai akibat pembentukan asam oleh bakteri didalam plak,apatit yang jenuh membalik menjadi tidak jenuh. Hal ini terjadi pada pH "kritis" kira-kira 5,5 pada permukaan batas antara email dan plak (Schuurs,1992).

Karies mulai terjadi karena adanya demineralisasi email gigi oleh asam organik yang merupakan produksi lokal dari bakteri. Selain demineralisasi,bakteri juga merusak kandungan protein gigi (terutama dentin). Oleh karena itu karies merupakan suatu penyakit yang disebabkan oleh bakteri dan menyebar dari gigi yang satu ke gigi yang lain dalam mulut yang sama (Bhaskar,1986).

Ada 4 faktor yang berperan pada pembentukan karies gigi,yaitu :

1. Kepekaan permukaan gigi terhadap serangan asam
2. Plak yang melekat pada permukaan gigi
3. Aktivitas bakteri di dalam plak
4. Penyerapan karbohidrat ke dalam plak

Hubungan dari faktor-faktor tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :





Gambaran di atas adalah gambaran kasar untuk menunjukkan bahwa konsumsi gula yang tinggi merupakan penyebab berlubangnya gigi, walaupun gula memang merupakan variabel yang paling tinggi.

Gula terolah seperti sukrosa dan glukosa bukan hanya memiliki kariogenitas saja, melainkan kedua zat tersebut, terutama sukrosa sangat efektif dalam menimbulkan karies. Makan gula akan menyebabkan turunnya pH yang akan memudahkan terjadinya demineralisasi, diikuti kemudian oleh peningkatan pH secara perlahan-lahan. Hal ini ditunjukkan oleh Stephan (1944) dengan cara kumur-kumur glukosa dan mengukur pH mulut beberapa jam setelah itu. Pada akhir masa pengukurannya ternyata pH belum kembali ke tingkat semula. Lamanya waktu yang dihabiskan untuk tetap bertahan pada pH di bawah 5,5 dianggap sebagai tingkatan pH kritis bagi terjadinya demineralisasi gigi (Ford, 1986).

Biasanya karies yang memerlukan waktu beberapa minggu bahkan beberapa tahun untuk berkembang. Pada remineralisasi, kalsium, dan fosfat serta ion lainnya pada saliva dan plak didepositkan kembali pada daerah yang mengalami demineralisasi. Demineralisasi dan remineralisasi dapat terjadi tanpa menyebabkan hilangnya massa dari gigi (Harris, 1987).

## 2.5 Sifat Fisis-Kimia Asam Asetat

Asam asetat (Asam cuka, Asam metil karboksilat)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , cairan tidak berwarna, bau khas, menusuk, bobot jenis lebih kurang 1,05, m.p.  $16,63^\circ\text{C}$ ; b.p.  $118^\circ\text{C}$ , larut baik dengan air, etanol, dan gliserol. Dengan ini dapat diperoleh dengan oksidasi asetaldehid, reaksi metanol dengan Karbon monoksida dan

fermentasi oksidasi alkohol. Banyak digunakan sebagai zat aditif bahan makanan (asedulant) (Hawley,1981).

## 2.6 Peranan Flour dalam Menghambat Pembentukan Asam

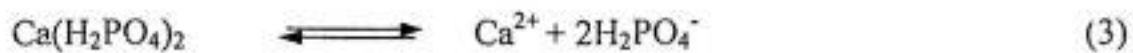
Telah lebih dari 30 tahun terbukti bahwa aplikasi topikal dengan menggunakan flour merupakan senjata paling ampuh untuk menambah kekuatan email dan dentin, sehingga dapat menambah daya tahan terhadap serangan Asam asetat yang dapat menyebabkan terjadinya karies serta dapat mengurangi kariogenetik plak. Pengaruh asam-asam organik dapat melarutkan email pada pH kritis (Swindels,1981).

Efek dari flour ada 2 tahap. Pertama, flour yang telah diserap ke dalam tubuh, setelah ditelan, digunakan oleh sel-sel pembentuk gigi untuk membuat kristal-kristal hidroksiapatit dengan sedikit campuran flour. Kristal ini kurang larut bila dibandingkan dengan kristal biasa dan lebih tahan terhadap serangan asam. Kedua setelah gigi tumbuh di dalam mulut, flour dari air minum atau sumber makanan lainnya, langsung disimpan pada permukaan kristal email, dan di antara kristal-kristal tersebut, sehingga terjadi pengurangan kelarutan yang sangat besar. Ketika asam terbentuk pada plak, kristal dengan flour di dalam dan sekitarnya, lebih mampu bertahan (Besford,1996).

Mekanisme reaksinya sebagai berikut :



Apabila pembentukan asam berlanjut dan pH menurun maka akan terjadi reaksi :



Jaringan keras gigi dan tulang terdiri atas hidroksiapatit  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  merupakan kesatuan kristal yang kecil yang ion  $\text{OH}^-$ nya dapat diganti dengan fluorida. Karena ion yang terakhir ini lebih kecil, akan terikat lebih kuat, sehingga dapat masuk tetapi tidak dapat lagi keluar dari gigi dan tulang (Houwink, 1993).

Pada waktu gigi tumbuh, pengapuran email belum selesai dan email masih sangat peka terhadap karies. Pengapuran email berlangsung dari luar ke dalam melalui proses fisika-kimia yakni difusi dan pertukaran ion. Maturisasi email sesudah erupsi gigi terutama terjadi pada tahun-tahun pertama sesudah gigi tumbuh. Jadi sesudah gigi erupsi difusi fluorida ke dalam enamel masih berlanjut untuk waktu yang tidak ditentukan. Sudah tentu proses ini hanya berlangsung apabila flour ada dipermukaan email. Banyak peneliti mengatakan bahwa bertambahnya konsentrasi flour dalam permukaan email sangat menentukan daya tahan email terhadap serangan karies (Nagamine, 1999).

## 2.7 Spektrofotometer UV-VIS

Metode spektrofotometer ini didasarkan pada interaksi antara zat kimia dengan energi, biasanya energi cahaya yang menyebabkan terjadinya transisi elektron. Daerah pengukuran untuk spektrofotometer UV-VIS adalah pada panjang gelombang 200 - 300 nm. Spektrofotometer UV-VIS disebut spektrum elektronik karena terjadi sebagai hasil interaksi radiasi UV-VIS terhadap molekul yang mengakibatkan molekul tersebut mengalami transisi elektronik. Informasi

yang didapat antara lain adanya gugus berikatan rangkap atau terkonjugasi yang mengabsorpsi radiasi elektromagnetik di daerah UV-VIS (Hendayana,1994).

Spektrofotometer merupakan salah satu cabang analisis instrumental yang mempelajari interaksi antara atom atau molekul dengan radiasi elektromagnetik. Interaksi antara atom atau molekul dengan radiasi elektromagnetik dapat berupa hamburan (*scattering*), absorpsi (*absorption*) dan emisi (*emission*). Interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan atom atau molekul yang berupa absorpsi melahirkan spektrofotometer absorpsi antara lain spektrofotometer ultra violet (UV), spektrofotometer sinar tampak (VIS) dan spektrofotometer infra merah (IR).

Spektrofotometer ultra violet yang dipakai untuk aplikasi kuantitatif menggunakan radiasi dengan panjang gelombang 200-380 nm, sedangkan spektrofotometer sinar tampak menggunakan radiasi dengan panjang gelombang 380-780 nm. Molekul yang dapat memberikan absorpsi yang bermakna pada daerah panjang gelombang 200-780 nm adalah molekul-molekul yang mempunyai gugus kromofor dan gugus aoksokrom. Gugus kromofor adalah gugus fungsi yang mempunyai spektrum absorpsi karakteristik pada daerah ultra violet atau sinar tampak. Gugus ini mengandung ikatan kovalen tidak jenuh (rangkap dua atau tiga), contohnya ikatan C=C, C=C, C=O, N=O, N=N. Gugus aoksokrom adalah gugus yang dapat meningkatkan absorpsi dari suatu molekul. Gugus ini tidak memberikan absorpsi yang bermakna pada daerah ultra violet, tetapi dapat memberikan pengaruh yang besar pada absorpsi molekul di mana gugus tersebut terikat. Contoh dari gugus aoksokrom adalah -OH, -NH<sub>2</sub>, -CH<sub>3</sub>.

Jika radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 200-380 nm dikenakan pada molekul-molekul yang mempunyai gugus-gugus

tersebut maka akan terjadi absorpsi dari radiasi elektromagnetik itu oleh molekul-molekul tadi dan mengakibatkan terjadinya transisi elektron dari tingkat energi yang lebih rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (eksitasi). Besarnya energi radiasi elektromagnetik yang dibutuhkan untuk terjadinya eksitasi elektron pada suatu molekul adalah tertentu dan ini bervariasi antara molekul yang satu dengan molekul yang lain, tergantung pada tipe elektron dari molekul tersebut.

Apabila radiasi ultra violet atau sinar tampak dikenakan pada suatu medium yang homogen, maka sebagian dari sinar datang akan direfleksikan, sebagian akan diabsorpsi, dan sisanya akan ditransmisikan. Jika intensitas sinar datang dinyatakan sebagai  $I_0$ , intensitas sinar yang direfleksikan sebagai  $I_r$ , intensitas sinar yang diabsorpsi sebagai  $I_a$  dan intensitas sinar yang ditransmisikan sebagai  $I_t$ , maka  $I_0 = I_r + I_a + I_t$ . Pada spektrofotometer UV-VIS untuk antar permukaan gelas-udara (*air-glass interfaces*)  $I_r$  dapat dieliminasi dengan menggunakan kontrol, yaitu sel pembanding, sehingga  $I_0 = I_a + I_t$ , di mana  $I_0$  di sini adalah intensitas sinar yang diteruskan oleh sel pembanding (Kok, 1997).

Absorpsi sinar ultra violet atau sinar tampak oleh suatu molekul umumnya menghasilkan eksitasi elektron bonding, akibatnya panjang gelombang absorpsi maksimum dapat dikorelasikan dengan jenis ikatan yang ada di dalam molekul yang sedang diselidiki. Oleh karena itu, spektrofotometer serapan molekul dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsional yang ada dalam suatu molekul. Akan tetapi, yang paling penting adalah penggunaan spektrofotometer serapan ultra violet dan sinar tampak untuk penentuan kuantitatif senyawa-senyawa yang mengandung gugus-gugus absorban (Hendayana, 1994).

Apabila cahaya dilewatkan pada media homogen dengan intensitas cahaya yang datang ( $I_0$ ) maka sebagian cahaya tersebut dipantulkan ( $I_r$ ), sebagian diabsorpsi ( $I_a$ ) dan sebagian diteruskan ( $I_t$ ). Dari keadaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$I_0 = I_r + I_a + I_t \quad (4)$$

### 2.7.1 Hukum Lambert Beer

Hukum yang menggambarkan hubungan antara jumlah cahaya yang diteruskan suatu larutan dengan konsentrasi suatu konstituen yang mengabsorpsi cahaya tersebut dikenal dengan hukum Lambert Beer yaitu :

$$\text{Log } (I_0 / I_t) = A = a b c \quad (5)$$

Di mana :

$I_0$  = Intensitas cahaya yang masuk

$I_t$  = Intensitas cahaya yang diteruskan

A = absorbansi

a = absorpsivitas

b = panjang medium absorpsi

c = konsentrasi zat terlarut

Besar penyerapan cahaya (absorbansi) dari suatu kumpulan atom atau molekul dinyatakan oleh hukum Beer-Lambert, yaitu

- a. Hukum Lambert menyatakan bahwa proporsi berkas cahaya datang yang diserap oleh suatu bahan atau medium tidak bergantung pada intensitas berkas cahaya yang datang. Hukum Lambert ini tentunya hanya berlaku jika di dalam bahan/medium tersebut tidak ada reaksi kimia ataupun proses fisis yang dapat dipicu atau diimbis oleh berkas cahaya datang tersebut. Dalam

hal demikian, intensitas cahaya yang keluar setelah melewati bahan/medium tersebut dapat dituliskan dalam bentuk sederhana sebagai berikut :

$$I = T \times I_0 \quad (6)$$

dimana  $I$  adalah intensitas berkas cahaya keluar,  $I_0$  adalah intensitas berkas cahaya masuk/datang, dan  $T$  adalah transmitansi. Jika transmisi dinyatakan dalam prosentase, maka

$$\%T = (I/I_0) \times 100 \quad (\text{dalam satuan \%}) \quad (7)$$

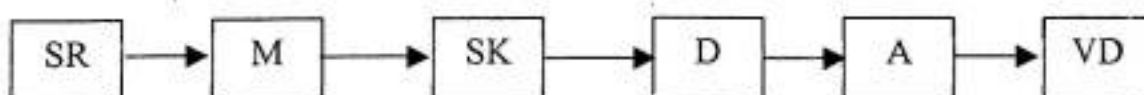
- b. Hukum Beer menyatakan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan dengan konsentrasi dan ketebalan bahan/medium, yakni :  $A = \epsilon c l$ , dimana  $\epsilon$  adalah molar absorptivitas untuk panjang gelombang tertentu, atau disebut juga sebagai koefisien ekstensif (dalam  $l \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ),  $c$  adalah konsentrasi molar ( $\text{mol l}^{-1}$ ), dan  $l$  adalah panjang/ketebalan dari bahan/medium yang dilintasi oleh cahaya (cm). Kombinasi dari kedua hukum tersebut (Hukum Beer-Lambert) dapat dituliskan sebagai berikut (Kok, 1997)

$$\%T = (I/I_0) \times 100 = \exp(-\epsilon c l) \quad (8)$$

$$\text{atau } A = \log (I_0/I) = \epsilon c l \quad (9)$$

### 2.7.2 Instrumen Spektrofotometer UV-VIS

Unsur-unsur terpenting suatu spektrofotometer UV-VIS ditunjukkan secara skematik sebagai berikut :



Gambar 1. Skema kerja Spektrofotometer UV-VIS

Keterangan :

SR = Sumber radiasi

M = Monokromator

SK = Sampel kompartemen (kuvet)

D = Detektor

A = Amplifier (penguat)

VD = Visual display (recorder)

Setiap bagian peralatan dari spektrofotometer memegang fungsi dan peranan tersendiri.

- a. Sumber radiasi, beberapa macam sumber radiasi yang dipakai pada spektroskopi adalah lampu deuterium, lampu tungsten, dan lampu merkuri.
- b. Monokromator merupakan alat yang mengisolasi suatu berkas radiasi yang menyeleksi panjang gelombang yang diinginkan untuk pengukuran cuplikan.
- c. Sampel kompartemen (kuvet) merupakan wadah sampel yang dianalisis.
- d. Detektor merupakan bagian yang mengubah energi radiasi menjadi isyarat listrik.
- e. Amplifier dan recorder merupakan rangkaian yang membuat isyarat listrik cocok untuk diamati dan sistem pembacaan yang menunjukkan besar isyarat listrik (Mulja, 1990).

Tahap analisis kuantitatif dengan spektrofotometer UV :

- a. Pemilihan pelarut, pelarut yang digunakan pada spektrofotometer UV harus memenuhi persyaratan, yaitu tidak mengabsorpsi radiasi pada panjang gelombang pengukuran sampel, tidak mengandung sistem terkonjugasi pada



struktur molekulnya atau tidak berwarna,tidak berinteraksi dengan molekul senyawa yang diukur dan harus mempunyai kemurnian yang tinggi.

- b. Pemilihan panjang gelombang,pada pengukuran harus dipilih panjang gelombang maksimum karena pada panjang gelombang ini,kepekaan analisis tinggi dan kurva serapan tetap lurus sehingga memenuhi hukum Lambert-Beer panjang gelombang maksimum adalah panjang gelombang dimana terjadi A maksimum (Mulja,1990).

Bergantung pada daerah spektrum yang akan dieksplorasi, spektrofotometer ada yang dirancang hanya memiliki sumber cahaya tampak saja (Vis),dan ada yang dirancang memiliki sumber cahaya tampak (Vis) dan ultraviolet (UV). Untuk spektrofotometer Vis,sumber cahaya yang digunakan biasanya adalah lampu tungsten halogen (W). Spektrofotometer UV-Vis menggunakan kombinasi lampu tungsten halogen dan lampu deuterium (D<sub>2</sub>). Pada beberapa model spektrofotometer digunakan lampu Xenon. Meski spektrofotometer dengan lampu Xenon hanya bisa mengcover sebagian daerah UV,yakni pada daerah panjang gelombang lebih besar dari 300 nm,tetapi spektrofotometer ini menawarkan nilai ekonomis yang lebih baik karena lampu Xenon relatif lebih panjang umur hidupnya dan lebih murah harganya. Tabel di bawah ini menunjukkan beberapa tipe spektrofotometer dan jenis lampu yang digunakan (Kok, 1990).

Tabel 1. Tipe Spektrofotometer dan jenis lampu yang digunakan.

Tipe	Jenis lampu
Ultrospec 4300 pro UV/Visible Spectrophotometer	D <sub>2</sub> dan W
Ultrospec 3300 pro UV/Visible Spectrophotometer	D <sub>2</sub> dan W
Ultrospec 3100 pro UV/Visible Spectrophotometer	Xenon
Ultrospec 2100 pro UV/Visible Spectrophotometer	Xenon
Ultrospec 1100 pro UV/Visible Spectrophotometer	D <sub>2</sub> dan

## 2.8 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Menurut Tadjang (1989) dalam Rasul (2002) bahwa spektroskopi serapan atom adalah salah satu alat yang pengukurannya didasarkan pada penyerapan cahaya oleh atom-atom bebas. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu tergantung pada sifat unsurnya (Khopkar, 1990).

Atom dalam keadaan gas akan menyerap sejumlah energi sinar tertentu. Sinar yang diserap biasanya masih berada dalam spectra sinar tampak dan ultra lembayung. Dengan demikian molekul-molekul akan mengalami disosiasi dan direduksi menjadi atom-atom bebas. Spektrofotometer serapan atom ini sangat

penting untuk analisis logam-logam berat karena mempunyai kepekaan yang sangat tinggi.

Walaupun nyala api sangat berguna dan mudah penggunaannya untuk keperluan atomisasi dalam SSA, tetapi ada beberapa kesulitan yang dapat menghambat. Diantara keberatan-keberatan itu yang sangat terpenting adalah bahwa efisiensi penguapan di dalam nyala adalah rendah, sehingga membatasi tingkat kepekaan analisis yang dapat dicapai. Kesulitan lainnya adalah penggunaan gas yang banyak yang harganya mahal, bahaya ledakan dan jumlah cuplikan yang diperlukan relatif banyak. Oleh karena itu, telah dilakukan banyak penelitian mengenai cara-cara tanpa menggunakan nyala untuk memperoleh atom-atom bebas.

Menurut Noor (1991) dalam Rasul (2002), pada perkembangan terakhir, alat atomisasi yang dipakai dalam SSA adalah menggunakan tabung grafit yang dipanaskan dengan listrik (electrothermal atomizer). Pembentukan atom-atom bebas atau atomisasi itu biasanya dilakukan dalam tiga tahap yang berlangsung secara otomatis, sesuai dengan urutan program yaitu :

1. Tahap pengering (drying stage) : meliputi pemanasan pada suhu rendah (di bawah  $100^{\circ}\text{C}$ ) untuk menghilangkan pelarut.
2. Tahap pengabuan (ashing stage) : suhu dinaikkan menjadi  $1500^{\circ}\text{C}$ , sehingga molekul-molekul senyawa organik dan senyawa anorganik mengalami proses pirolisis. Uap-uap hasil pirolisis keluar dari alat atomisasi dan yang tinggal adalah senyawa-senyawa anorganik yang stabil.
3. Tahap atomisasi (atomization) : pada tahap ini, tabung atomisasi dipanaskan sampai suhu yang lebih tinggi lagi ( $\pm 3000^{\circ}\text{C}$ ) untuk menguraikan senyawa-

senyawa yang belum terurai dan untuk menggerakkan atom-atom bebas ke dalam berkas sinar, supaya dapat diukur absorbans atom.

Menurut Kopkar (1990), jika atom diradiasi dengan cahaya, atom tersebut akan menyerap cahaya yang mempunyai panjang gelombang yang spesifik untuk logam tersebut dan atom akan mengalami oksidasi. Penyerapan cahaya ini sebanding dengan konsentrasi atom-atom logam. Dengan mengukur serapan cahaya oleh atom-atom dalam nyala maka konsentrasi logam dalam contoh dapat ditentukan. Hubungan antara serapan cahaya dengan konsentrasi logam pada panjang gelombang tertentu dinyatakan oleh hukum Lambert-Beer sebagai berikut :

$$P = P_0 e^{-kbc} \quad (10)$$

$$A = \text{Log } P_0/P = abc \quad (11)$$

Dimana :  $a = k/2,303$

$P =$  Intensitas cahaya yang sampai pada detektor

$P_0 =$  Intensitas cahaya dari sumber cahaya

$A =$  Absorbans

$k =$  Konstanta absorbsivitas

$b =$  Panjang medium absorpsi

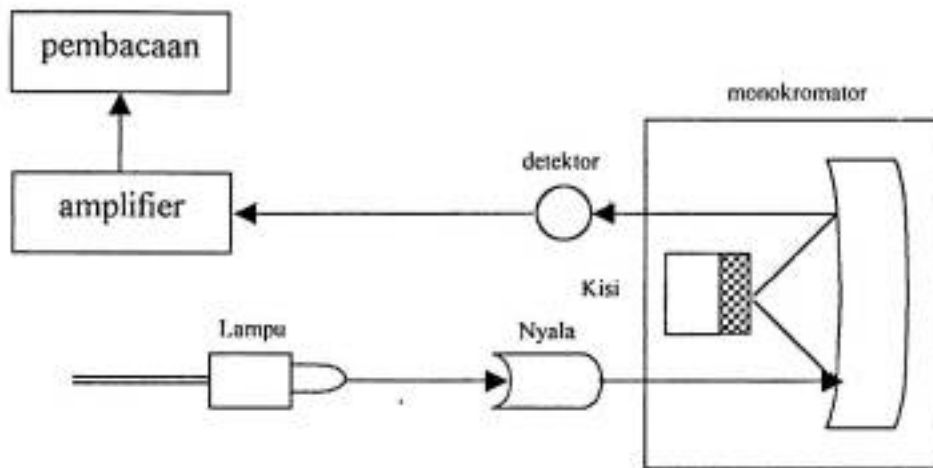
$c =$  Konsentrasi.

Cara untuk menentukan konsentrasi larutan cuplikan dilakukan dengan membandingkan nilai absorbans ( $A$ ) larutan cuplikan tersebut dengan nilai absorbans ( $A$ ) dari larutan baku yang telah diketahui konsentrasinya. Selanjutnya dari absorbans larutan baku tersebut dibuat kurva kalibrasi yaitu grafik hubungan antara absorbans dengan konsentrasi larutan baku yang merupakan sebuah garis

lurus. Nilai absorbans dari larutan cuplikan kemudian dialurkan pada grafik kurva kalibrasi tersebut, sehingga konsentrasi larutan cuplikan dapat ditentukan.

### 2.8.1 Komponen Utama SSA

Skema dari alat SSA dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2. Skema Kerja Spektrofotometer Serapan Atom

Bagian-bagian terpenting pada alat SSA adalah sebagai berikut :

a. Sumber cahaya

Sumber cahaya ini harus dapat memancarkan spektrum garis yang sempit dan karakteristik dari unsur yang akan dianalisis.

b. Medium penyerap atau sumber atom

Dalam analisis dengan SSA, cuplikan yang dianalisis harus diuraikan menjadi atom-atom netral yang masih dalam keadaan dasarnya. Atom-atom tersebut dihasilkan dengan cara disosiasi termal dan bias nyala.

c. Monokromator

Berfungsi untuk mendispersi cahaya menjadi cahaya-cahaya yang mempunyai panjang gelombang yang berbeda dan setelah melalui celah yang lebar dapat diatur sehingga memungkinkan pemilihan panjang gelombang.

d. Detektor

Detektor berfungsi untuk mengubah foton-foton cahaya menjadi sinyal-sinyal listrik.

e. Amplifier

Amplifier berfungsi untuk memperkuat sinyal listrik yang berasal dari detektor

f. Instrumen pembacaan

### 2.8.2 Tahapan Penting Dalam Metode SSA

Tahapan-tahapan penting yang harus diperhatikan dalam metode Spektrofotometri Serapan Atom adalah :

a. Penyiapan contoh

Penyiapan contoh merupakan tahapan yang sangat menentukan keberhasilan penelitian yang akan dilakukan. Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu :

- Jenis unsur yang akan ditentukan.
- Sifat fisik dari contoh.

b. Pembuatan kurva kalibrasi

Untuk mendapatkan kurva kalibrasi yang sesuai dengan perumusan Lambert-Beer, maka harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Kondisi parameter analisis
2. Jenis unsur dan sifat dari contoh.

### 2.8.3 Keunggulan dan Kelemahan SSA Tanpa Nyala.

#### a. Keunggulan SSA Tanpa Nyala

1. Alat atomisasi tabung grafit yang dipanaskan dengan listrik mempunyai efisiensi atomisasi yang tinggi. Hal ini berarti bahwa dengan menggunakan tabung atomisasi demikian itu dapat diperoleh kepekaan mutlak yang sangat tinggi bagi analisisnya. Kepekaan mutlak yang dicapai dengan teknik SSA tanpa nyala adalah jauh lebih tinggi daripada kepekaan analisis yang diperoleh dengan yang diperoleh dengan cara-cara instrumen modern lainnya, termasuk cara analisis SSA dengan nyala. Jadi kepekaan SSA tanpa nyala berlipat ganda dibandingkan dengan SSA dengan nyala. Jadi, keuntungan atomisasi dalam tabung grafit adalah bahwa jumlah cuplikan yang digunakan dapat kecil sekali.
2. Pada analisis cuplikan yang mengandung bahan organik, tidak perlu dilakukan pengerjaan pendahuluan untuk menghilangkan bahan-bahan organik tersebut, oleh karena bahan-bahan organik itu sudah hilang dengan sendirinya pada tahap pengabuan dari siklus atomisasi.
3. Kadang-kadang dapat dilakukan analisis cuplikan padat secara langsung (tanpa harus dilarutkan terlebih dahulu).

#### b. Kelemahan SSA Tanpa Nyala

1. Terjadinya senyawa karbida yang sangat refractory untuk sejumlah unsur-unsur tertentu. Terbentuknya senyawa-senyawa yang amat refractory ini menyebabkan dua hal, yaitu : mengurangi kepekaan pengukuran absorbans dan

menyebabkan terjadinya apa yang dinamakan memory effect yaitu peristiwa dimana logam dari sisa-sisa karbida yang sangat stabil dari pengerjaan analisis terdahulu memberikan isyarat-isyarat sisa.

2. Oleh karena jumlah larutan cuplikan yang biasanya digunakan pada SSA tanpa nyala ini adalah sangat kecil (0,5 – 10,1) maka pengerjaan analisis harus dilakukan dengan cermat dan terampil (Hadisuwoyo, 1990).



## BAB III

### METODE PENELITIAN



#### 3.1 Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, Asam asetat glacial (Merck), Natrium asetat (Merck), NaF (ACS), aquabides yang diperoleh dari Balai Instalasi Tanah Maros, larutan pewarna biru molibdat, larutan standar lesung, pH indicator, dan material gigi yang diperoleh dari Klinik Gigi UNHAS.

#### 3.2 Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas yang lazim digunakan di laboratorium, pinset, pemanas, Maxi mix II, timbangan analitis, Spektrofotometri UV-VIS novaspec II dan Spektrofotometri Serapan Atom spektra AA 50 Varians.

#### 3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2004 hingga Agustus 2004 yang meliputi pembuatan proposal, pengambilan sampel, analisis sample dan analisis data hasil penelitian. Pengambilan sampel dilakukan dari Klinik Gigi UNHAS.

Preparasi dan analisis sampel untuk logam kalsium dan fosfat dengan menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom dan Spektrofotometri UV-VIS dilakukan di Instansi Laboratorium Balai Penelitian Tanah, Maros, Sulawesi Selatan.

### 3.4 Metode Kerja

#### 3.4.1 Penyiapan Contoh

Gigi yang diambil dari Klinik Gigi UNHAS dicuci kemudian ditimbang beratnya.

#### 3.4.2 Pembuatan Larutan Asam Asetat 1 M

Asam asetat glasial 17,4 M dipipet sebanyak 28,7 mL dan dimasukkan ke dalam labu takar 500 mL kemudian diimpitkan dengan aquabides hingga tanda batas.

#### 3.4.3 Pembuatan Larutan Natrium Asetat 1,9297 M

Natrium asetat ditimbang sebanyak 131,296 g dan dimasukkan ke dalam labu takar 500 mL kemudian diimpitkan dengan aquabides hingga tanda batas.

#### 3.4.4 Pembuatan Larutan Natrium Asetat 1,1819 M

Natrium asetat 1,9297 M dipipet sebanyak 471,3 mL dimasukkan ke dalam takar 500 mL kemudian diimpitkan dengan aquabides hingga tanda batas.

#### 3.4.5 Pembuatan Larutan Buffer Asetat pH 5 dengan Konsentrasi Asam Asetat 1 M

Larutan Asam asetat 1 M dipipet sebanyak 250 mL dimasukkan ke dalam labu takar 500 mL kemudian diimpitkan dengan larutan Natrium asetat 1,1819 M hingga tanda batas. Lalu mengukur pH larutan.

#### 3.4.6 Pembuatan Larutan Buffer Asetat pH 5,02 dengan Konsentrasi Asam Asetat 0,5 M

Dimasukkan larutan buffer asetat pH 5 dengan konsentrasi Asam asetat 1 M

sebanyak 250 mL kedalam labu takar 500 mL kemudian diimpitkan dengan aquabides hingga tanda batas. Lalu mengukur pH larutan.

#### 3.4.7 Pembuatan Larutan Buffer Asetat pH 5,1 dengan Konsentrasi Asam Asetat 0,1 M

Dimasukkan larutan buffer asetat pH 5,02 dengan konsentrasi Asam asetat 0,5 M sebanyak 100 mL kedalam labu takar 500 mL kemudian diimpitkan dengan aquabides hingga tanda batas. Lalu mengukur pH larutan.

#### 3.4.8 Perlakuan Gigi dalam Asam Asetat tanpa Penambahan Natrium Flourida

Dimasukkan satu buah gigi yang telah ditimbang ke dalam masing-masing konsentrasi Asam asetat yaitu 0,1 M;0,5 M;dan 1 M tanpa penambahan Natrium flourida. Gigi tersebut dibiarkan terendam dalam Asam asetat. Setelah 3 jam, 6 jam,9 jam,24 jam,dan 168 jam gigi diangkat dan larutan asam tersebut diukur kadar kalsium dan fosfatnya dengan menggunakan Spektrofotometri UV-VIS dan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

#### 3.4.9 Perlakuan Gigi dalam Asam Asetat dengan Penambahan Natrium Flourida

Dimasukkan satu buah gigi yang telah ditimbang ke dalam masing-masing konsentrasi Asam asetat yaitu 0,1 M;0,5 M;dan 1 M dengan penambahan Natrium flourida 2 ppm;1 ppm;dan 0,5 ppm. Gigi tersebut dibiarkan terendam dalam Asam asetat. Setelah 3 jam,6 jam,9 jam,24 jam,dan 168 jam gigi diangkat dan larutan asam tersebut diukur kadar kalsium dan fosfatnya dengan menggunakan Spektrofotometri UV-VIS dan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

#### 3.4.10 Pembuatan Larutan Pereaksi Fosfor Pekat

$\text{NH}_4\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ditimbang sebanyak 12 g dan dilarutkan dengan 100 mL air bebas ion dalam labu takar 1000 mL. Ditambahkan 0,227 g  $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 0,5 \text{ H}_2\text{O}$ ; dan 140 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat secara perlahan-lahan kemudian diimpitkan dengan air bebas ion hingga tanda batas.

#### 3.4.11 Pembuatan Larutan Pewarna Biru Molibdat

Asam askorbat ditimbang sebanyak 1,06 g dan dimasukkan ke dalam labu takar 1000 mL kemudian dipipet larutan pereaksi fosfor pekat sebanyak 100 mL dan dimasukkan pula ke dalam labu takar 1000 mL diatas, selanjutnya diimpitkan dengan air bebas ion sampai tanda batas.

#### 3.4.12 Pembuatan Larutan Lantan 2,5 %

$\text{LaCl}_3$  ditimbang sebanyak 44,14 g dan dilarutkan dengan air bebas ion dalam labu takar 1000 mL, kemudian ditambahkan HCl 25 % sebanyak 12,5 mL selanjutnya diimpitkan dengan air bebas ion sampai tanda batas.

#### 3.4.13 Pembuatan Larutan Lantan 0,25 %

Larutan Lantan 2,5 % diencerkan 10 kali dengan air bebas ion.

#### 3.4.14 Pembuatan Larutan Standar

##### 3.4.14.1 Pembuatan Larutan Standar 1000 ppm

Larutan standar lesung kalsium dan fosfat, masing-masing dimasukkan ke dalam labu takar 1000 mL kemudian diimpitkan dengan aquabides hingga tanda batas.

#### 3.4.14.2 Pembuatan Larutan Standar Kalsium 100 ppm

Sebanyak 10 mL larutan baku 1000 ppm dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL kemudian diimpitkan dengan aquabides sampai tanda batas.

#### 3.4.15 Pembuatan Deret Larutan Standar Kalsium

Deret larutan standar kalsium dibuat dari larutan standar 100 ppm dengan menggunakan persamaan :

$$V_1M_1 = V_2M_2 \quad (12)$$

Dimana :

$V_1$  = Volume larutan standar

$M_1$  = Konsentrasi larutan standar

$V_2$  = Volume larutan yang akan dibuat

$M_2$  = Konsentrasi larutan yang akan dibuat

Sebelum diimpitkan dengan aquabides kedalam deret larutan standar ditambahkan buffer asetat pH 5 sebanyak 1 mL. Deret larutan standar kalsium yang digunakan adalah : 2,5 ppm;5 ppm;10 ppm;20 ppm;dan 25 ppm.

#### 3.4.16 Pembuatan Deret Larutan Standar Fosfat

Deret larutan standar fosfat dibuat dari larutan standar 1000 ppm dengan menggunakan persamaan :

$$V_1M_1 = V_2M_2 \quad (13)$$

Dimana :

$V_1$  = Volume larutan standar

$M_1$  = Konsentrasi larutan standar

$V_2$  = Volume larutan yang akan dibuat

$M_2$  = Konsentrasi larutan yang akan dibuat

Sebelum diimpitkan dengan aquabides ke dalam deret larutan standar ditambahkan buffer asetat dengan variasi pH sebanyak 1 mL. Deret larutan standar fosfat yang digunakan adalah :

1. Pada perendaman 3 jam, 6 jam, dan 9 jam : 100 ppm; 200 ppm; 400 ppm; 600 ppm; dan 800 ppm.
2. Pada perendaman 24 jam : 25 ppm; 50 ppm; 100 ppm; 200 ppm; 300 ppm; dan 400 ppm.
3. Pada perendaman 168 jam : 50 ppm; 100 ppm; 200 ppm; 300 ppm; 400 ppm; dan 800 ppm.

#### 3.4.17 Pengukuran Fosfat dengan Spektrofotometri UV-VIS

1. Parameter instrumen dioptimalkan.
2. Larutan blanko dan contoh disiapkan.
3. Secara berturut-turut larutan baku dengan konsentrasi berbeda diaspirasikan menurut kenaikan konsentrasi.
4. Larutan sampel diaspirasikan ke dalam alat kemudian serapannya dicatat.
5. Persamaan regresi linear dari serapan larutan blanko dengan konsentrasinya dibuat.
6. Serapan hasil pengukuran larutan contoh diplotkan ke dalam kurva larutan baku sehingga dapat diketahui konsentrasi fosfat yang dianalisis.

#### 3.4.18 Pengukuran Kalsium dengan SSA

1. Parameter instrumen dioptimalkan.
2. Larutan blanko dan contoh disiapkan.

2. Ke dalam nyala udara-asetilen diaspirasikan larutan blanko dengan penunjukan meter harus nol dengan menekan tombol zero set.
3. Secara berturut-turut larutan baku dengan konsentrasi berbeda diaspirasikan menurut kenaikan konsentrasi.
4. Larutan sampel diaspirasikan ke dalam nyala kemudian serapannya dicatat.
5. Persemaan regresi linear dari serapan larutan blanko dengan konsentrasinya dibuat.
6. Serapan hasil pengukuran larutan contoh diplotkan ke dalam kurva larutan baku sehingga dapat diketahui konsentrasi kalsium yang dianalisis.

#### 3.4.19 Teknik Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi standar yang digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan sampel dibuat dari data konsentrasi dan serapan larutan standar.

Dari hasil pengukuran serapan dengan SSA, diperoleh data serapan untuk larutan baku. Jika data serapan sebagai Y dan konsentrasi sebagai X, maka diperoleh persamaan regresi linear :

$$Y = ax + b \quad (13)$$

di mana nilai-nilai dari a dan b dapat dihitung dengan rumus:

$$a = \frac{\sum y(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (15)$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (16)$$

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisa kalsium dan fosfat pada berbagai variasi pH dan konsentrasi Asam asetat serta waktu kontak antara Asam asetat dengan gigi tanpa penambahan Natrium flourida dan dengan penambahan Natrium flourida, yang diahalisis dengan menggunakan Spektrofotometer UV-VIS dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) diperoleh hasil sebagai berikut :

#### 4.1 Kalsium

Kalsium yang dihasilkan dari proses demineralisasi email gigi akibat pengaruh Asam asetat tersebut dapat ditentukan kadarnya dengan menggunakan spektroskopi serapan atom (SSA). Prinsip dari metode spektroskopi serapan atom adalah penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral dalam keadaan dasarnya.

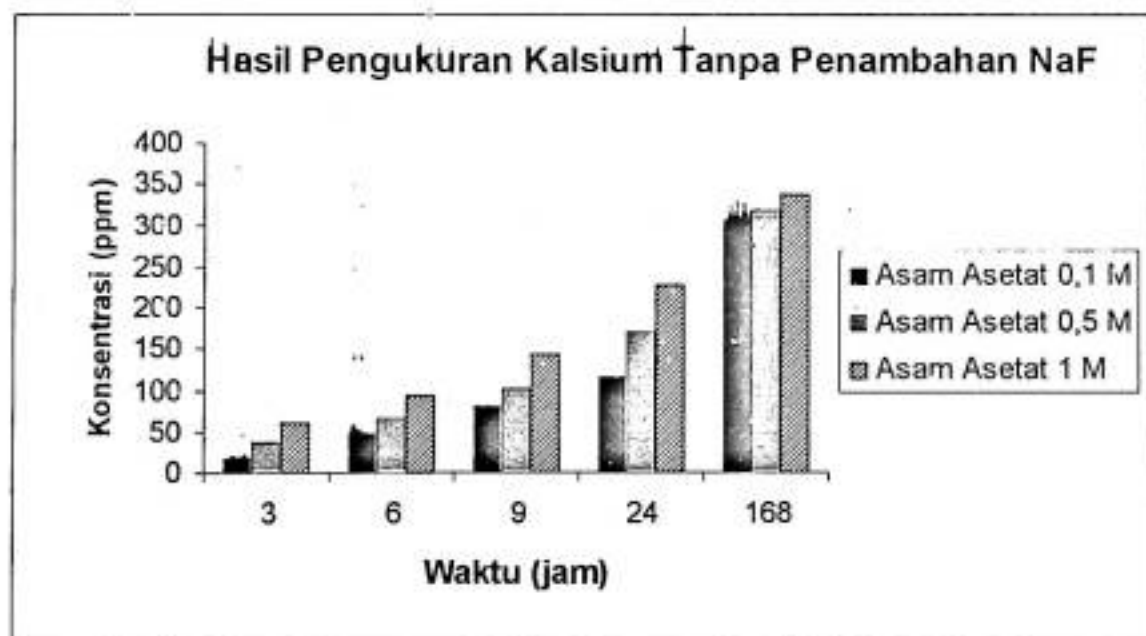
Adapun hasil pengukuran kalsium dari proses demineralisasi gigi akibat pengaruh konsentrasi dan waktu kontak antara Asam asetat dengan gigi dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini :



a.. Tanpa Penambahan NaF

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kalsium Tanpa Penambahan NaF

Waktu (jam)	Asam Asetat 0,1 M		Asam Asetat 0,5 M		Asam Asetat 1 M	
	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)
3	0.019 (10X)	16.91	0,041 (10X)	35.4	0.071 (10X)	60.61
6	0.064 (10X)	46.61	0,09 (10X)	65.45	0.129 (10X)	92.99
9	0.084 (10X)	79.05	0.107 (10X)	100.54	0.151 (10X)	141.66
24	0.167 (10X)	113.8	0.213 (10X)	170.6	0.284 (10X)	227.4
168	0.412 (10X)	302.97	0.434 (10X)	319.15	0.46 (10X)	338.27



Gambar 3. Hasil Pengukuran Kalsium Tanpa Penambahan NaF

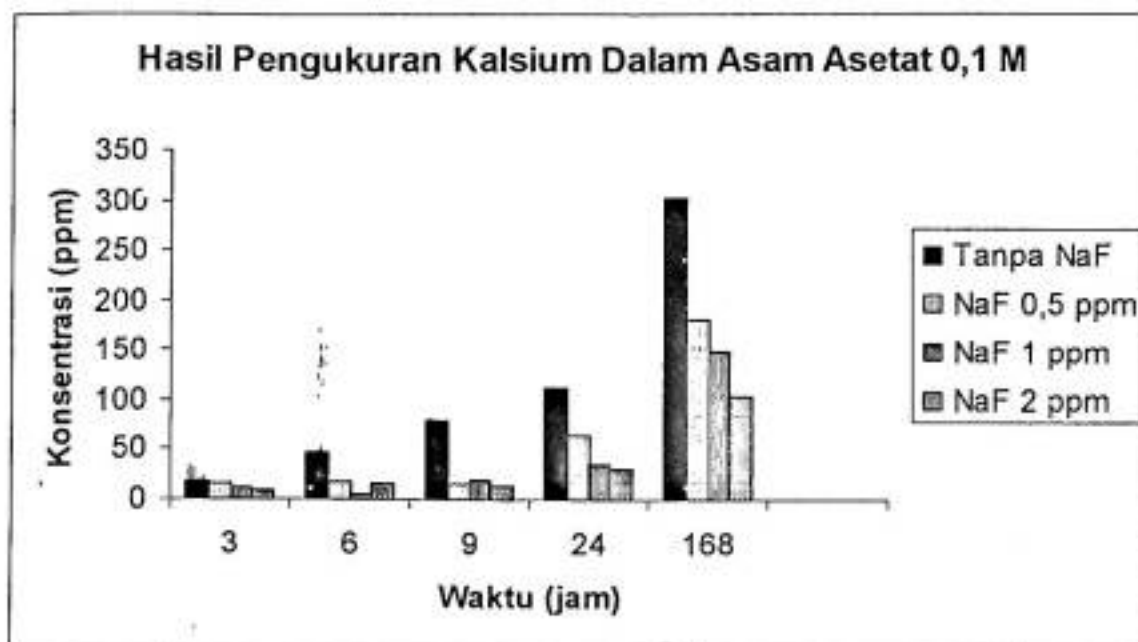
Dari tabel 2 dan gambar 3 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi asam asetat yang digunakan maka semakin besar konsentrasi kalsium yang dihasilkan. Dan semakin lama waktu perendaman yang digunakan maka

konsentrasi kalsium juga semakin besar. Konsentrasi tertinggi yaitu 338,27 (dalam asam asetat 1 M pada waktu perendaman 168 jam) dan konsentrasi terendah yaitu 16,91 (dalam asam asetat 0,1 M pada waktu perendaman 3 jam). Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi asam asetat mempengaruhi proses demineralisasi gigi.

b. Dengan Penambahan NaF

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kalsium dalam Asam Asetat 0,1 M

Waktu (jam)	Tanpa NaF		NaF 0,5 ppm		NaF 1 ppm		NaF 2 ppm	
	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)
3	0.019 (10X)	16.91	0.018 (10X)	16.08	0.011 (10X)	10.19	0.01 (10X)	9.35
6	0.064 (10X)	46.61	0.025 (10X)	18.35	0.007 (10X)	5.3	0.02 (10X)	14.72
9	0.084 (10X)	79.05	0.016 (10X)	15.5	0.021 (10X)	20.17	0.014 (10X)	13.63
24	0.167 (10X)	113.8	0.079 (10X)	63.4	0.043 (10X)	34.6	0.038 (10X)	30.6
168	0.412 (10X)	302.97	0.248 (10X)	182.38	0.201 (10X)	147.83	0.142 (10X)	104.45



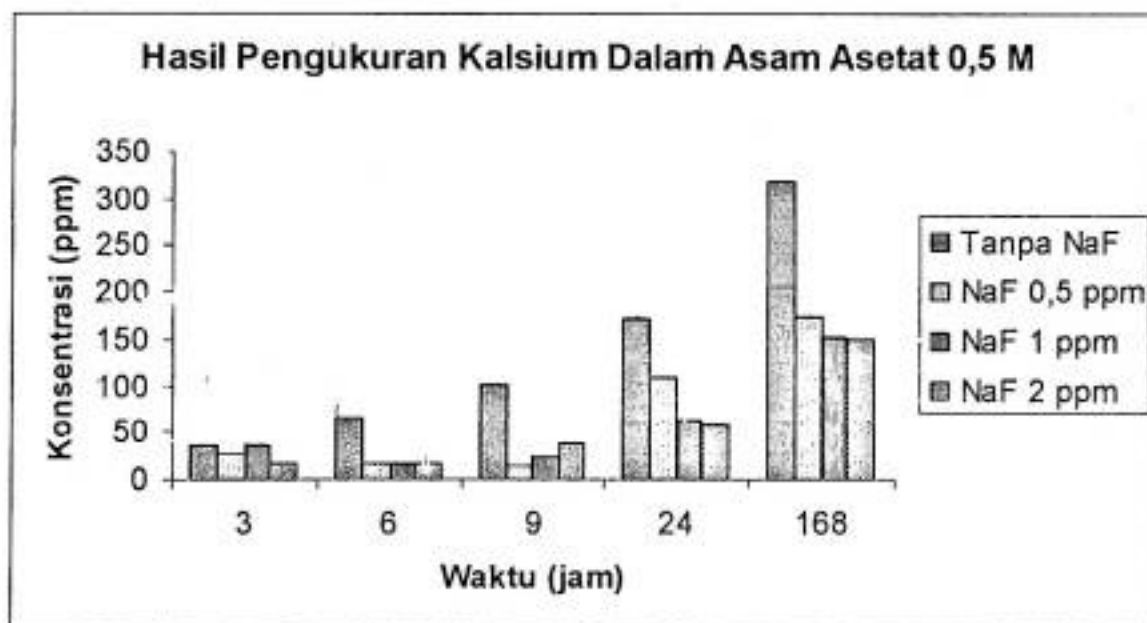
Gambar 4. Hasil pengukuran Kalsium dalam Asam Asetat 0,1 M

Pada tabel 3 dan gambar 4 dapat dilihat bahwa dengan penambahan NaF, konsentrasi kalsium yang dihasilkan lebih kecil daripada tanpa penambahan NaF. Untuk konsentrasi NaF 0,5 ppm dan 2 ppm pada waktu perendaman 3 jam daya hambat NaF belum terlihat. Konsentrasi kalsium tertinggi yaitu 182,38 ppm (konsentrasi NaF 0,5 ppm dan waktu perendaman 168 jam) sedangkan konsentrasi kalsium terendah yaitu 5,3 ppm (konsentrasi NaF 1 ppm pada waktu perendaman 6 jam). Hal tersebut menyatakan bahwa NaF dengan konsentrasi 0,5 ppm; 1 ppm dan 2 ppm sudah bekerja menghambat proses demineralisasi. Begitu pula yang terjadi pada konsentrasi asam asetat 0,5 M dengan data sebagai berikut



Tabel 4. Hasil Pengukuran Kalsium dalam Asam Asetat 0,5 M

Waktu (jam)	Tanpa NaF		NaF 0,5 ppm		NaF 1 ppm		NaF 2 ppm	
	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)
3	0.041 (10X)	35.4	0.029 (10X)	25.59	0.04 (10X)	35.4	0.019 (10X)	16.91
6	0.09 (10X)	65.45	0.024 (10X)	17.62	0.023 (10X)	16.9	0.022 (10X)	16.17
9	0.107 (10X)	100.54	0.014 (10X)	13.63	0.026 (10X)	24.84	0.04 (10X)	37.93
24	0.213 (10X)	170.6	0.136 (10X)	109	0.079 (10X)	63.4	0.073 (10X)	58.6
168	0.434 (10X)	319.15	0.236 (10X)	173.57	0.206 (10X)	151.5	0.205 (10X)	150.7



Gambar 5. Hasil Pengukuran Kalsium dalam Asam Asetat 0,5 M

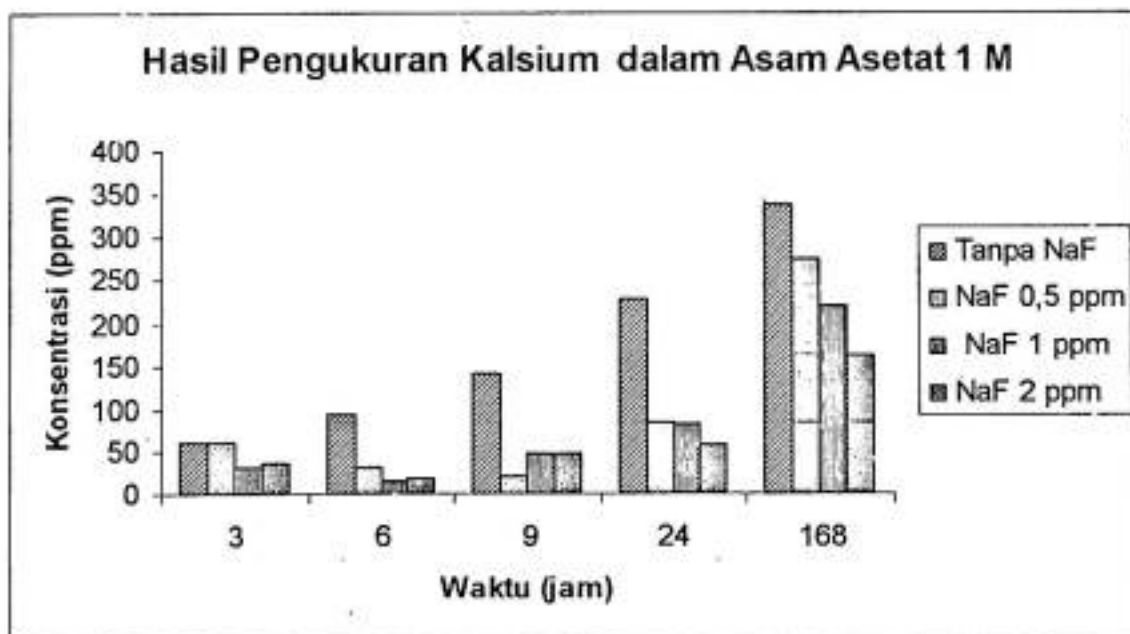
Pada tabel 4 dan gambar 5 dapat dilihat bahwa dengan penambahan NaF, konsentrasi kalsium yang dihasilkan lebih kecil daripada tanpa penambahan NaF. Konsentrasi kalsium tertinggi yaitu 173,57 ppm (konsentrasi NaF 0,5 ppm dan waktu perendaman 168 jam) sedangkan konsentrasi kalsium terendah yaitu 25,59 ppm (konsentrasi NaF 0,5 ppm dan waktu perendaman 3 jam). Hal tersebut

menyatakan bahwa NaF dengan konsentrasi 0,5 ppm; 1 ppm dan 2 ppm sudah bekerja menghambat proses demineralisasi.

Demikian pula pada konsentrasi asam asetat 1 M dengan data sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Pengukuran Kalsium dalam Asam Asetat 1 M

Waktu (jam)	Tanpa NaF		NaF 0,5 ppm		NaF 1 ppm		NaF 2 ppm	
	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)
3	0.071 (10X)	60.61	0.069 (10X)	58.93	0.035 (10X)	30.36	0.043 (10X)	37.08
6	0.129 (10X)	92.99	0.044 (10X)	32.12	0.02 (10X)	14.72	0.024 (10X)	17.62
9	0.151 (10X)	141.66	0.021 (10X)	20.17	0.05 (10X)	47.27	0.051 (10X)	48.21
24	0.284 (10X)	227.4	0.105 (10X)	84.2	0.151 (10X)	81	0.072 (10X)	57.8
168	0.46 (10X)	338.27	0.372 (10X)	273.57	0.3 (10X)	220.63	0.22 (10X)	161.8



Gambar 6. Hasil Pengukuran Kalsium dalam Asam Asetat 1 M

Pada tabel 5 dan gambar 6 dapat dilihat bahwa pada penambahan NaF, konsentrasi kalsium yang dihasilkan lebih kecil daripada dengan penambahan NaF. Konsentrasi kalsium tertinggi yaitu 273,57 ppm (konsentrasi NaF 0,5 ppm dan waktu perendaman 168 jam) sedangkan konsentrasi kalsium terendah yaitu 14,72 ppm (konsentrasi NaF 1 ppm dan waktu perendaman 6 jam). Hal tersebut membuktikan bahwa NaF pada konsentrasi 0,5 ppm; 1 ppm dan 2 ppm sudah bekerja menghambat proses demineralisasi gigi, dimana kadar NaF yang paling baik menghambatnya adalah 2 ppm kemudian 0,5 ppm dan yang terendah adalah 1 ppm. Sebab semakin kecil konsentrasi kalsium yang diperoleh maka semakin besar daya hambat NaF.

#### 4.2 Fosfat

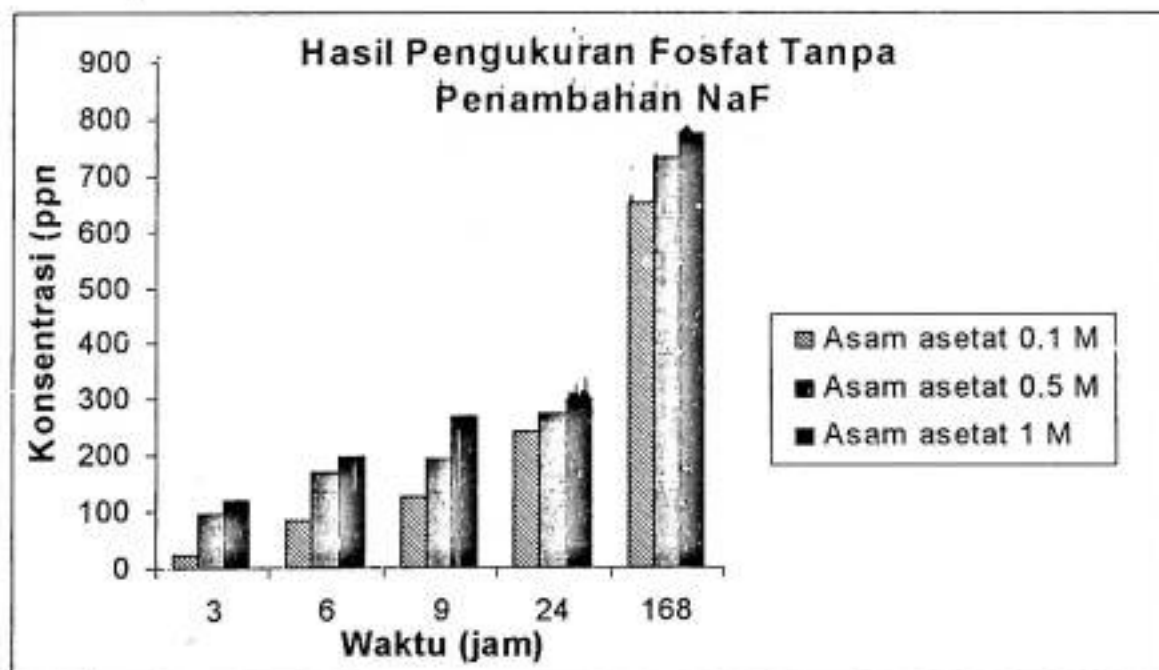
Fosfat yang dihasilkan dari proses demineralisasi email gigi akibat pengaruh asam asetat tersebut dapat ditentukan kadarnya dengan menggunakan spektroskopi UV-VIS. Prinsip dari metode spektroskopi UV-VIS adalah interaksi antara zat kimia dengan energi, biasanya energi cahaya yang menyebabkan terjadinya transisi elektron.

Adapun hasil pengukuran fosfat dari proses demineralisasi gigi akibat pengaruh konsentrasi dan waktu kontak antara asam asetat dengan material gigi dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini :

a. Tanpa Penambahan NaF

Tabel 6. Hasil Pengukuran Fosfat Tanpa NaF

Waktu (jam)	Asam Asetat 0,1 M		Asam Asetat 0,5 M		Asam Asetat 1 M	
	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)
3	0.532	23.05	1.864	95.42	2.312	119.8
6	0.194 (10X)	86.37	0.377 (10X)	169.18	0.442 (10X)	198.56
9	0.255 (10X)	125.7	0.392 (10X)	194.56	0.542 (10X)	269.92
24	0.515 (10X)	241.9	0.585 (10X)	275.08	0.629 (10X)	295.93
168	0.643 (20X)	652.9	0.721 (20X)	731.47	0.764 (20X)	776.37



Gambar 7. Hasil Pengukuran Fosfat Tanpa NaF

Dari tabel 6 dan gambar 7 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi asam asetat yang digunakan maka semakin besar konsentrasi fosfat yang

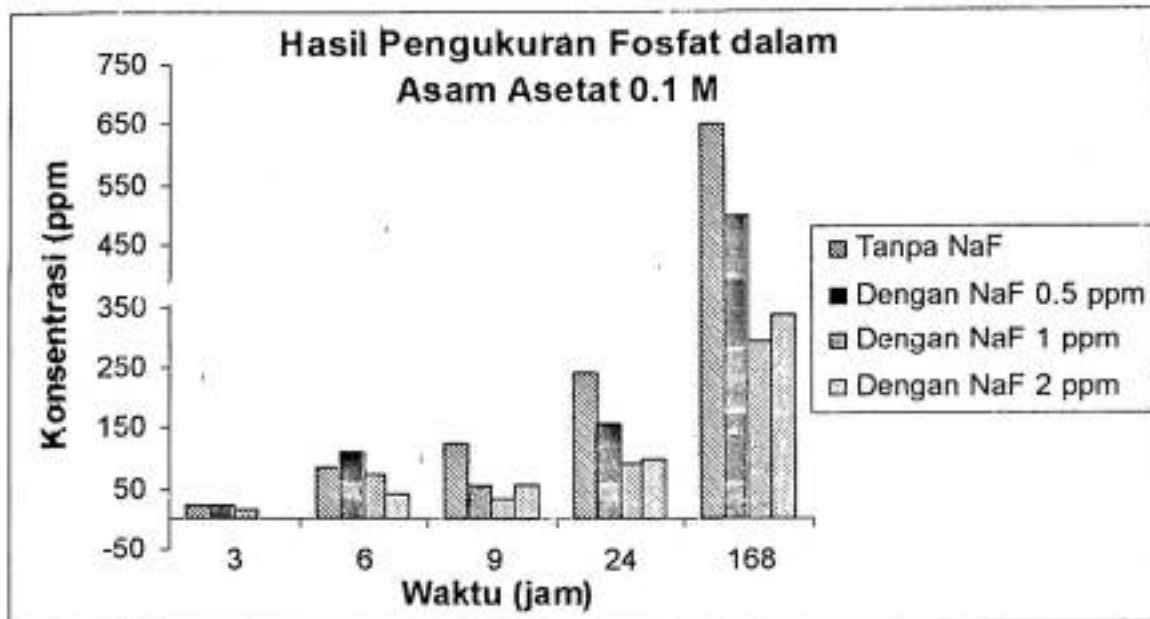
dihasilkan. Dan semakin lama waktu perendaman yang digunakan maka konsentrasi fosfat yang dihasilkan juga semakin besar. Konsentrasi fosfat tertinggi yaitu 776,37 ppm (konsentrasi asam asetat 1 M dengan waktu perendaman 168 jam) dan konsentrasi fosfat terendah adalah 23,05 ppm (konsentrasi asam asetat 0,5 M dengan waktu perendaman 3 jam). Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi asam asetat mempengaruhi proses demineralisasi gigi.

b. Dengan Penambahan NaF

Tabel 7. Hasil Pengukuran Fosfat dalam Asam Asetat 0,1 M

Waktu (jam)	Tanpa NaF		NaF 0,5 ppm		NaF 1 ppm		NaF 2 ppm	
	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)
3	0532	23.05	0.526	22.73	0.402	15.99	0.152	2.4
6	0.194 (10X)	86.37	0.248 (10X)	110.81	0.168 (10X)	74.61	0.098 (10X)	42.93
9	0.255 (10X)	125.7	0.114 (10X)	54.85	0.071 (10X)	33.24	0.116 (10X)	55.85
24	0.515 (10X)	241.59	0.338 (10X)	158.01	0.198 (10X)	91.66	0.214 (10X)	99.25
168	0.643 (20X)	652.9	0.49 (20X)	496.78	0.291 (20X)	293.71	0.331 (20X)	335.55





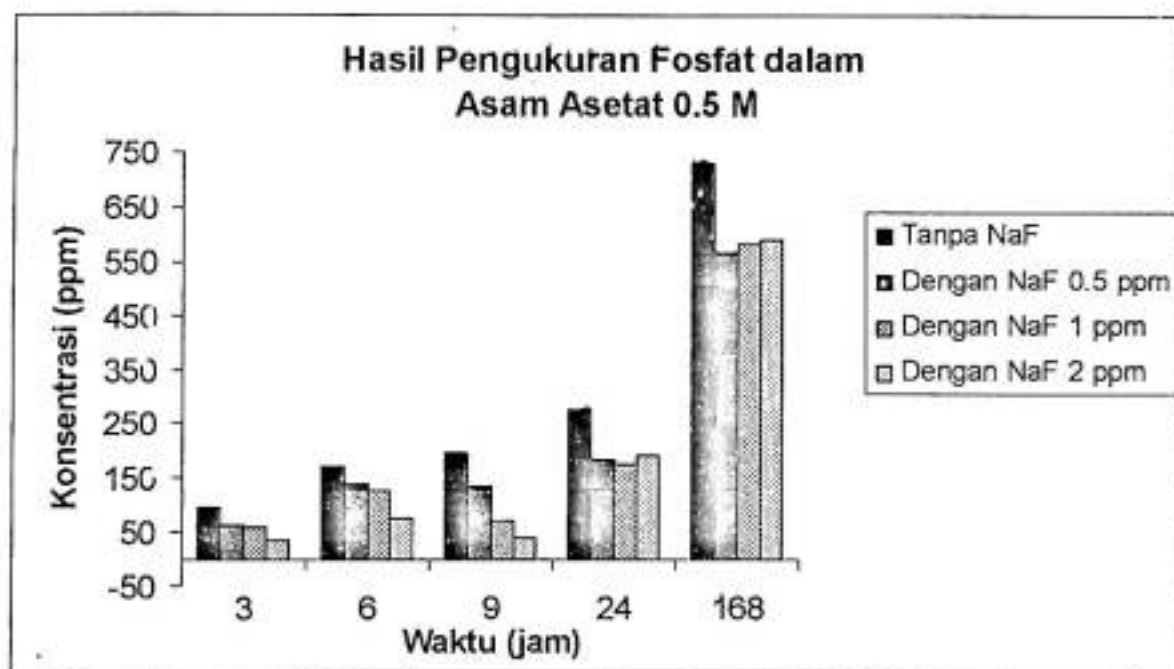
Gambar 8. Hasil Pengukuran Fosfat dalam Asam Asetat 0,1 M

Pada tabel 7 dan gambar 8 dapat dilihat bahwa pada penambahan NaF, konsentrasi fosfat yang dihasilkan lebih kecil daripada dengan penambahan NaF. Pada waktu perendaman 3 jam, daya hambat NaF belum terlihat. Terkecuali pada konsentrasi NaF 2 ppm dengan waktu perendaman 3 sampai 168 jam tidak mengalami penurunan konsentrasi fosfat, namun kenaikan konsentrasi fosfat dari 6 jam ke 9 jam mengalami penurunan sebesar 12,92 ppm. Konsentrasi fosfat tertinggi adalah 496,78 ppm (konsentrasi NaF 0,5 ppm dan waktu perendaman 168 jam) sedangkan konsentrasi fosfat terendah adalah 2,4 ppm (konsentrasi 2 ppm dan waktu perendaman 3 jam). Hal tersebut membuktikan bahwa NaF pada konsentrasi 0,5 ppm; 1 ppm dan 2 ppm sudah bekerja menghambat proses demineralisasi gigi, dimana kadar NaF yang paling baik menghambatnya adalah 1 ppm kemudian 0,5 ppm dan yang terendah adalah 2 ppm.

Begitu pula yang terjadi pada konsentrasi asam asetat 0,5 M dengan data sbb :

Tabel 8. Hasil Pengukuran Fosfat dalam Asam Asetat 0,5 M

Waktu (jam)	Tanpa NaF		NaF 0,5 ppm		NaF 1 ppm		NaF 2 ppm	
	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)
3	0.041 (10X)	35.4	0.029 (10X)	25.59	0.04 (10X)	35.4	0.019 (10X)	16.91
6	0.09 (10X)	65.45	0.024 (10X)	17.62	0.023 (10X)	16.9	0.022 (10X)	16.17
9	0.107 (10X)	100.54	0.014 (10X)	13.63	0.026 (10X)	24.84	0.04 (10X)	37.93
24	0.213 (10X)	170.6	0.136 (10X)	109	0.079 (10X)	63.4	0.073 (10X)	58.6
168	0.434 (10X)	319.15	0.236 (10X)	173.57	0.206 (10X)	151.5	0.205 (10X)	150.7



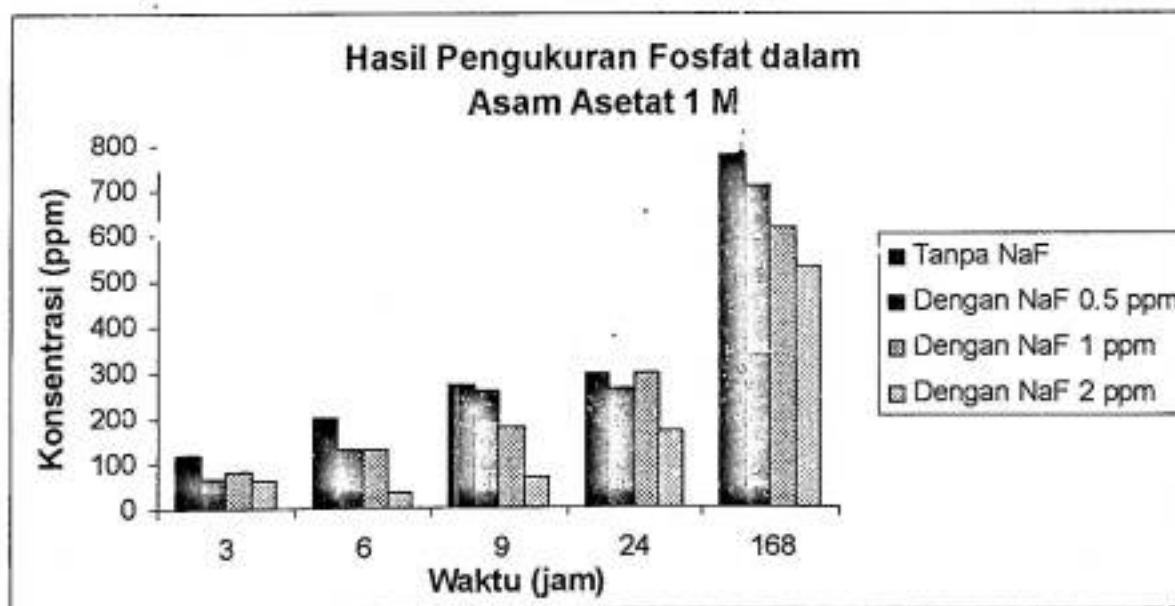
Gambar 9. Hasil Pengukuran Fosfat dalam Asam Asetat 0,5 M

Pada tabel 8 dan gambar 9 dapat dilihat bahwa pada penambahan NaF, konsentrasi fosfat yang dihasilkan lebih kecil daripada dengan tanpa penambahan NaF. Konsentrasi fosfat tertinggi adalah 173,57 ppm (konsentrasi NaF 0,5 ppm pada waktu perendaman 168 jam) dan konsentrasi fosfat terendah adalah 13,63 ppm (konsentrasi NaF 0,5 ppm pada waktu perendaman 9 jam). Hal tersebut

membuktikan bahwa NaF pada konsentrasi 0,5 ppm; 1 ppm dan 2 ppm sudah bekerja menghambat proses demineralisasi gigi, dimana kadar NaF yang paling baik menghambatnya adalah 1 ppm kemudian 2 ppm dan yang terendah adalah 0,5 ppm. Demikian pula pada konsentrasi asam asetat 1 M dengan data sebagai berikut :

Tabel 9. Hasil Pengukuran Fosfat dalam Asam Asetat 1 M

Waktu (jam)	Tanpa NaF		NaF 0,5 ppm		NaF 1 ppm		NaF 2 ppm	
	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)	Abs	Kons (ppm)
3	2.312	119.8	1.368	68.49	1.574	79.68	1.218	60.34
6	0.442 (10X)	198.56	0.292 (10X)	130.71	0.288 (10X)	128.9	0.08 (10X)	34.79
9	0.542 (10X)	269.92	0.52 (10X)	258.87	0.36 (10X)	178.49	0.138 (10X)	66.91
24	0.629 (10X)	295.93	0.56 (10X)	263.23	0.625 (10X)	294.03	0.355 (10X)	166.07
168	0.764 (20X)	776.37	0.7 (20X)	711.06	0.604 (20X)	613.1	0.522 (20X)	527.39



Gambar 10. Hasil Pengukuran Fosfat Asam Asetat 1 M

Pada tabel 9 dan gambar 10 dapat dilihat bahwa pada penambahan NaF, konsentrasi fosfat yang dihasilkan lebih kecil daripada dengan tanpa penambahan NaF. Namun pada konsentrasi NaF 1 ppm dan 0,5 ppm dengan waktu perendaman 3 sampai 168 jam tidak mengalami penurunan konsentrasi fosfat nyata, namun kenaikan konsentrasi fosfat pada penambahan NaF 1 ppm dari 3 jam ke 6 jam sebesar 49,22 ppm dan waktu perendaman dari 6 jam ke 9 jam sebesar 49,59 ppm. Ini menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi fosfat yang mengalami demineralisasi gigi sangat kecil. Sedangkan kenaikan konsentrasi fosfat pada penambahan NaF 0,5 ppm mengalami penurunan pada waktu perendaman dari 9 jam ke 24 jam sebesar 4,36 ppm. Konsentrasi fosfat tertinggi adalah 771,06 ppm (konsentrasi NaF 0,5 ppm pada waktu perendaman 168 jam) dan konsentrasi fosfat terendah adalah 34,79 ppm (konsentrasi NaF 2 ppm pada waktu perendaman 6 jam). Hal tersebut membuktikan bahwa NaF pada konsentrasi 2 ppm; 0,5 ppm dan 1 ppm sudah bekerja menghambat proses demineralisasi gigi, dimana kadar NaF yang paling baik menghambatnya adalah 2 ppm kemudian 0,5 ppm dan yang terendah adalah 1 ppm.

Hasil yang diperoleh tersebut menunjukkan bahwa kadar flour yang digunakan yaitu 0,5 ppm, 1 ppm, dan 2 ppm merupakan kadar optimal flour untuk menghasilkan daya tahan terhadap karies yang tinggi.

Pada kadar 0,5 hingga 3 ppm jumlah kerusakan gigi berkurang sangat nyata, yaitu sedikitnya 50 %. Apabila flour diberikan dibawah kadar 0,5 ppm dan diatas 2 ppm maka daya tahannya terhadap karies sangat rendah dan pada konsentrasi flour menyebabkan flourisis pada email gigi dan kelainan struktur tulang (Houwink, 1993).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kalsium dan fosfat pada gigi yang direndam dengan asam asetat tanpa penambahan NaF dan dengan penambahan NaF, dapat disimpulkan bahwa :

1. Konsentrasi kalsium dan fosfat yang diperoleh adalah :

- a. Konsentrasi kalsium tertinggi yang diperoleh tanpa penambahan NaF adalah 338,27 ppm (pada konsentrasi asam asetat 1 M dan waktu perendaman 168 jam) sedangkan konsentrasi kalsium terendah adalah 16,91 ppm (pada konsentrasi asam asetat 0,1 M dan waktu perendaman 3 jam).
- b. Konsentrasi fosfat maksimum yang diperoleh tanpa penambahan NaF adalah 776,27 ppm (pada konsentrasi asam asetat 1 M dan waktu perendaman 168 jam) sedangkan konsentrasi fosfat minimum adalah 23,05 ppm (pada konsentrasi asam asetat 0,1 M dan waktu perendaman 3 jam).
- c. Konsentrasi kalsium tertinggi yang diperoleh dengan penambahan NaF adalah 273,57 ppm (pada konsentrasi asam asetat 1 M, konsentrasi NaF 0,5 ppm dan waktu perendaman 168 jam) sedangkan konsentrasi kalsium terendah adalah 5,3 ppm (pada konsentrasi asam asetat 0,1 M, konsentrasi NaF 1 ppm dan waktu perendaman 6 jam).
- d. Konsentrasi fosfat maksimum yang diperoleh dengan penambahan NaF adalah 711,06 ppm (pada konsentrasi asam asetat 1 M, konsentrasi NaF 0,5 ppm dan waktu perendaman 168 jam) sedangkan konsentrasi fosfat

minimum adalah 2,4 ppm (pada konsentrasi asam asetat 0,1 M, konsentrasi  $\text{NaF}$  2 ppm dan waktu perendaman 3 jam).

2. Semakin tinggi konsentrasi asam asetat dan semakin lama waktu kontak antara gigi dengan asam asetat, maka semakin tinggi konsentrasi kalsium dan fosfat yang dihasilkan sehingga semakin besar kemungkinan terjadinya proses demineralisasi gigi.
3. Konsentrasi  $\text{NaF}$  yang digunakan yaitu 0,5 ppm, 1 ppm dan 2 ppm merupakan kadar yang optimal dalam menghambat proses demineralisasi gigi.

## 5.2 Saran

Agar penelitian ini dilanjutkan dengan menggunakan buffer asetat pH 4 dan 6 (sesuai pH mulut).

## DAFTAR PUSTAKA

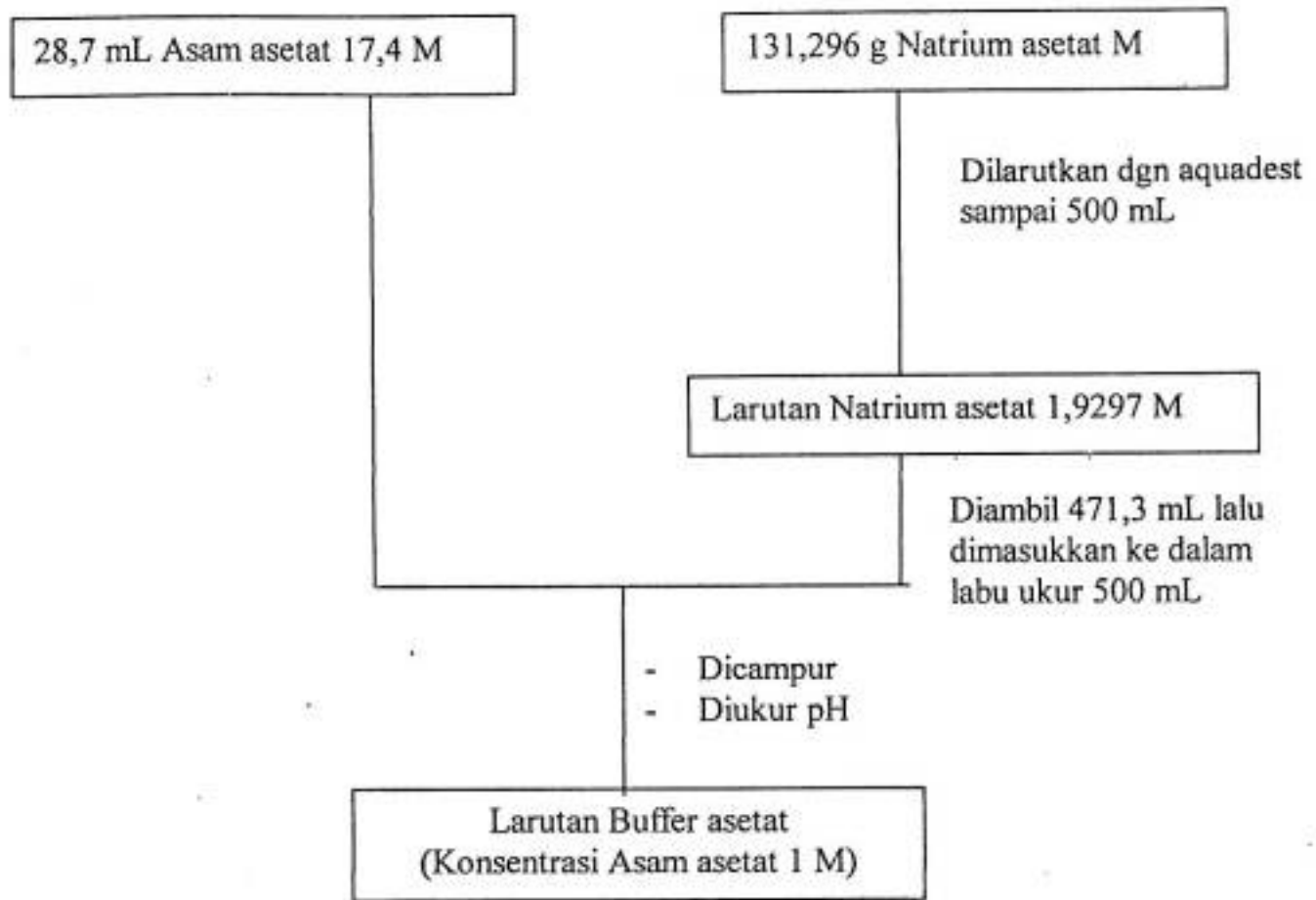


- Alim, N.N dan Wahid Wahab, 2004, *Pengaruh penambahan Flour terhadap Mekanisme Reaksi Asam-asam Organik dalam Pembentukan Karies Gigi, In Vitro*, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Hasanuddin, Makassar
- Anggara, P.N, 2004, Cukup Kumur untuk Cegah Karies Gigi, *Kompas*, hal 5.
- Bestford, John., 1996, *Mengenal Gigi Anda Petunjuk bagi Orangtua*, Edisi 2, Alih bahasa oleh drg. Johan Arif Budiman, Arcan, Jakarta.
- Bhaskar, S.N., 1986, *Synopsis Oral Pathology*, 7<sup>th</sup> Edition, C.V. Mosby Company, St. Louis.
- Chasten, J.E., 1984, *Clinical Dental Assisting*, 3<sup>rd</sup> Edition, C.V. Mosby Company, St. Louis.
- Rasul, E., 2002, *Analisis Logam Berat Cu dan Cd pada Sedimen di Sekitar Perairan Pulau Lumu-Lumu*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Forrest, J.O., 1989, *Pencegahan Penyakit Mulut*, EGC, Jakarta.
- Ford, T.R.P., 1986, *Restorasi Gigi*, Terjemahkan oleh Narlan Sumawinata, EGC, Jakarta.
- Harris, N.O., Christen and Arden, G., 1987, *Primary Preventiv Density*, 2<sup>nd</sup> Edition, Appleton and Lauge, California.
- Hawley, G., 1981, *The Condensed Dictionary*, 10<sup>th</sup> Edition, USA.
- Hendayana, S, Kadarahman, A., Sumarna, A.A., dan Supriatna, A., (1994), *Kimia Analitik Instrumen*, Edisi I, IKIP Semarang Press, Semarang.
- Hoogendorn, H., 1982, *Faktor-faktor Tuan Rumah Prevensi dalam Kedokteran Gigi*, PT. Denta, Jakarta.
- Houwink, B., 1993, Flourida, *Ilmu Kedokteran Gigi Pencegahan*, UGM Press, Jogjakarta.
- Huis, J.H.J., 1993, *Ilmu Kedokteran Gigi dan Pencegahan*, UGM Press, Jogjakarta.
- Jenny, 1994, *Pengaruh Penambahan Propolis dalam Sediaan Pasta Gigi terhadap Bakteri Uji dari Plak Gigi*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Farmasi FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar.

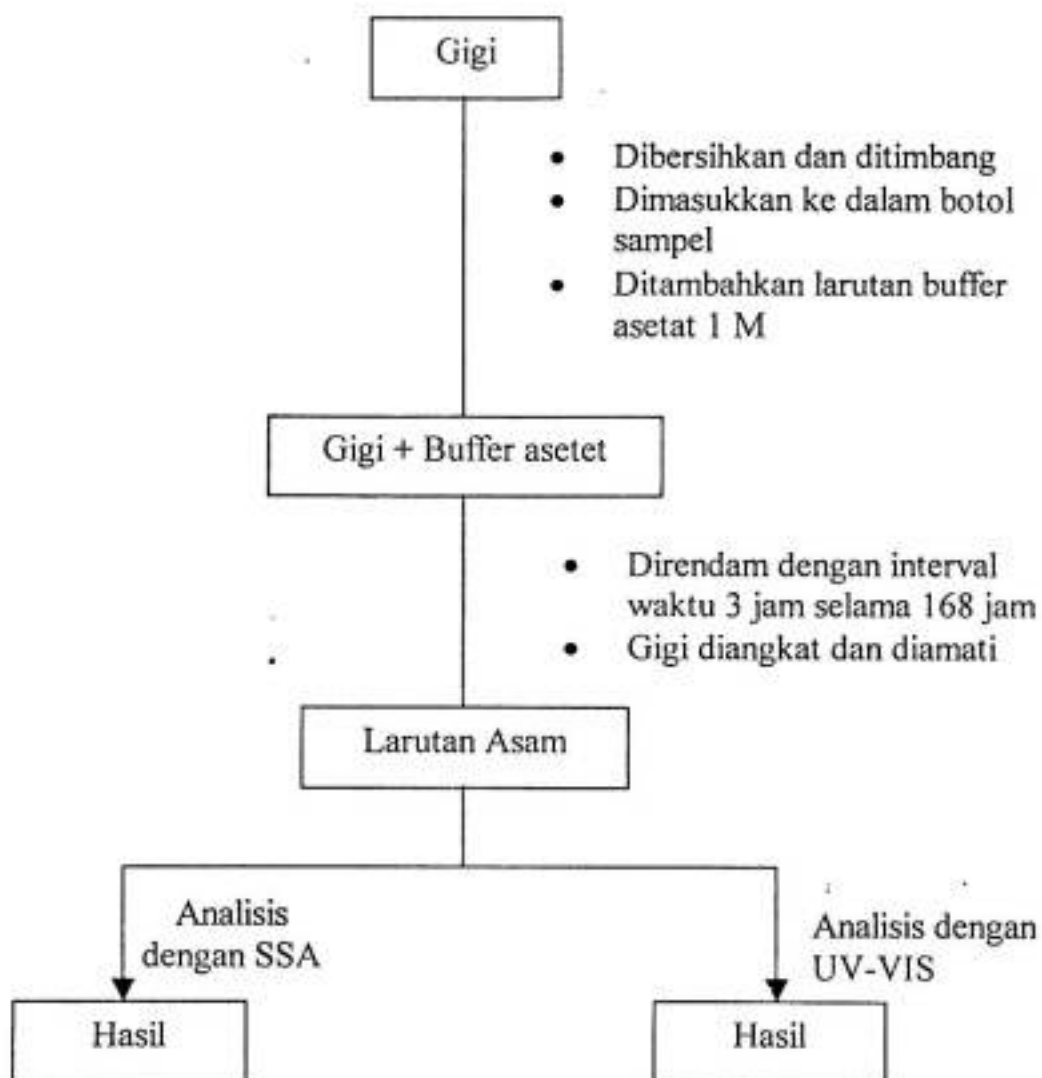
- Kok, T., 1997, Spektrofotometri UV-VIS : *Aplikasi Kuantitatif* (Online), Kristal No.14 /Januari, 1-66, ( <http://www.Sentrabd.com>, diakses 15 Desember 2003).
- Kerr, A.D and Ash, M.M., 1978, *Oral Pathology*, 4<sup>th</sup> Edition, Lea and Febiger, Philadelphia.
- Khopkar, S.M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Mulja, M. dan Syahrani, A., 1990, *Aplikasi Analisis SP UV-Vis*, Mephiso Grafika, Surabaya.
- Nagamine, M., Inoue, K., and Alim, N.N., 1999, Study on Flourida Releasing Luting Resin Cement, *The Japanese Journal of Conservative Dentistry*, II, (24-27)
- Schuurs A.H.B, 1992, *Patology Gigi Geligi*, Terjemahan oleh Sutatmi Suryo, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Swindels,P., 1981, *The Benefits of Using Calcium Glyco Phosphate Natrium Monofluorophosphate Paste*, Scientific Proceedings of The 10<sup>th</sup> Asian Pacific Dental Congress, Singapore.
- Tarigan, R., 1990, *Karies Gigi*, Hipokrates, Jakarta.



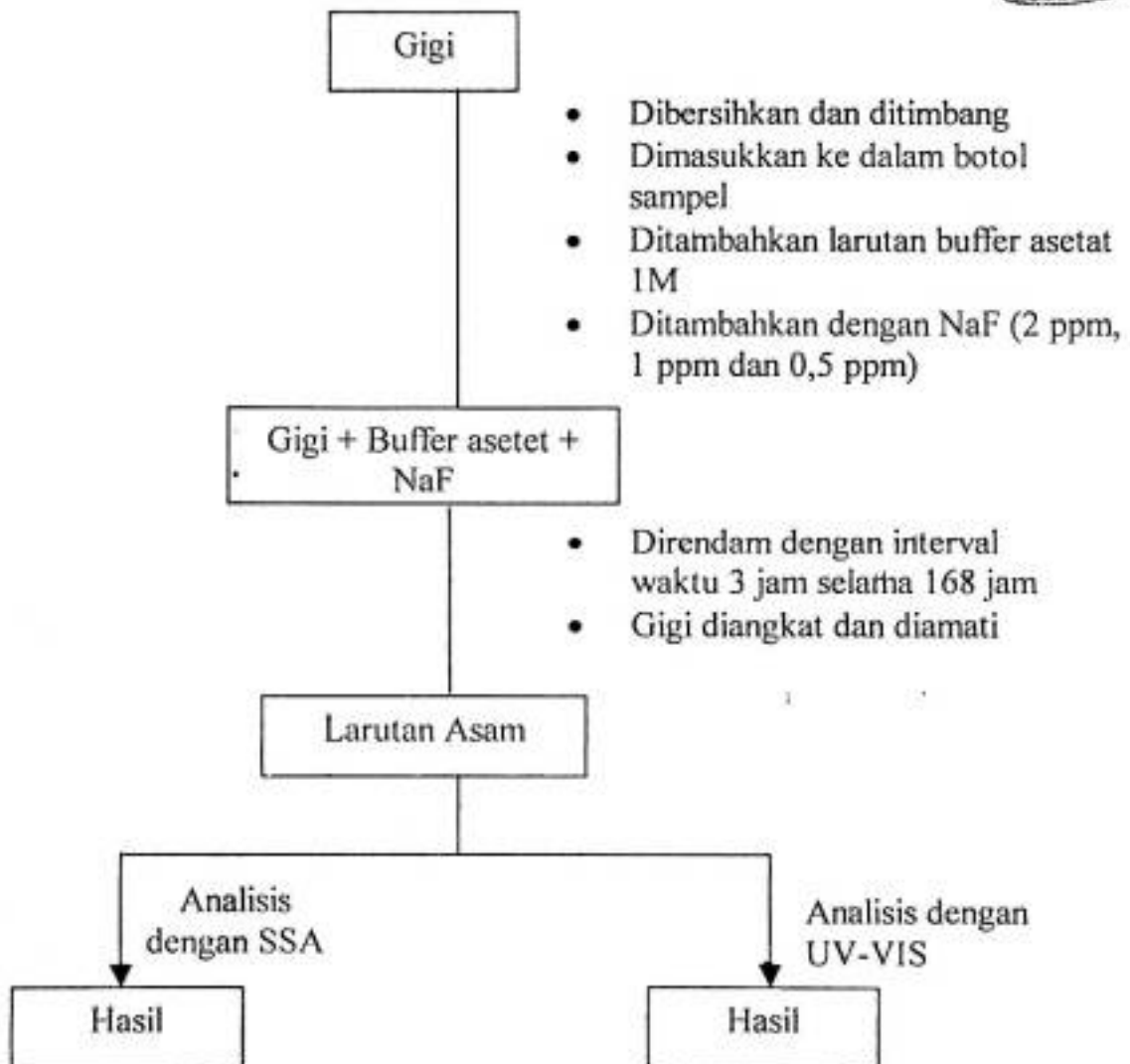
Lampiran 1. Skema Pembuatan Larutan Buffer Asetat



Lampiran 2. Bagan Kerja Perlakuan dengan Asam Asetat tanpa NaF



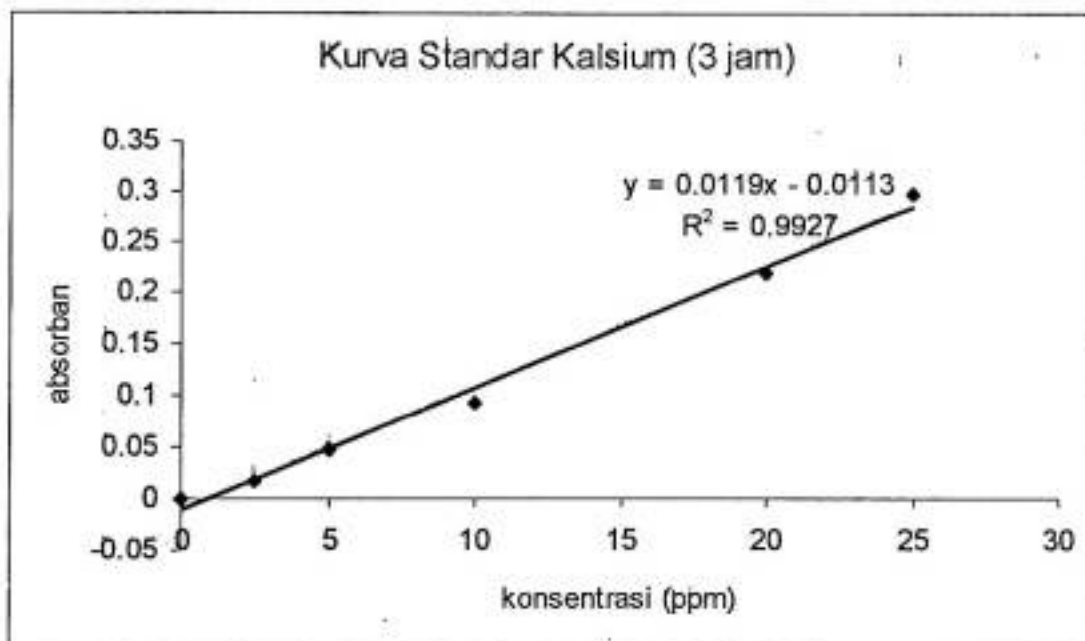
Lampiran 3. Bagan Kerja Perlakuan dengan Asam Asetat dengan NaF



#### Lampiran 4. Kurva Standar Kalsium (3 jam)

Tabel 1. Hasil pengukuran kurva standar kalsium (3 jam)

Konsentrasi	Absorban
0	0
2.5	0.018
5	0.047
10	0.093
20	0.219
25	0.297

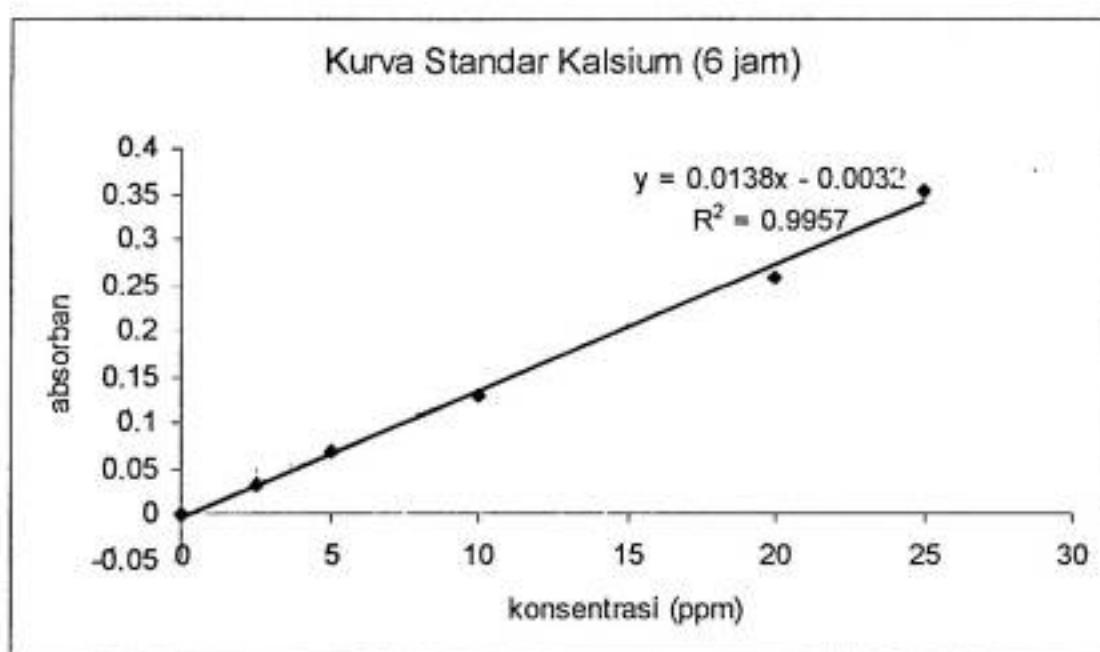


Gambar 1. Kurva standar kalsium (3 jam)

## Lampiran 5. Kurva Standar Kalsium (6 jam)

Tabel 2. Hasil pengukuran kurva standar kalsium (6 jam)

Konsentrasi	Absorban
0	0
2.5	0.033
5	0.068
10	0.129
20	0.259
25	0.355

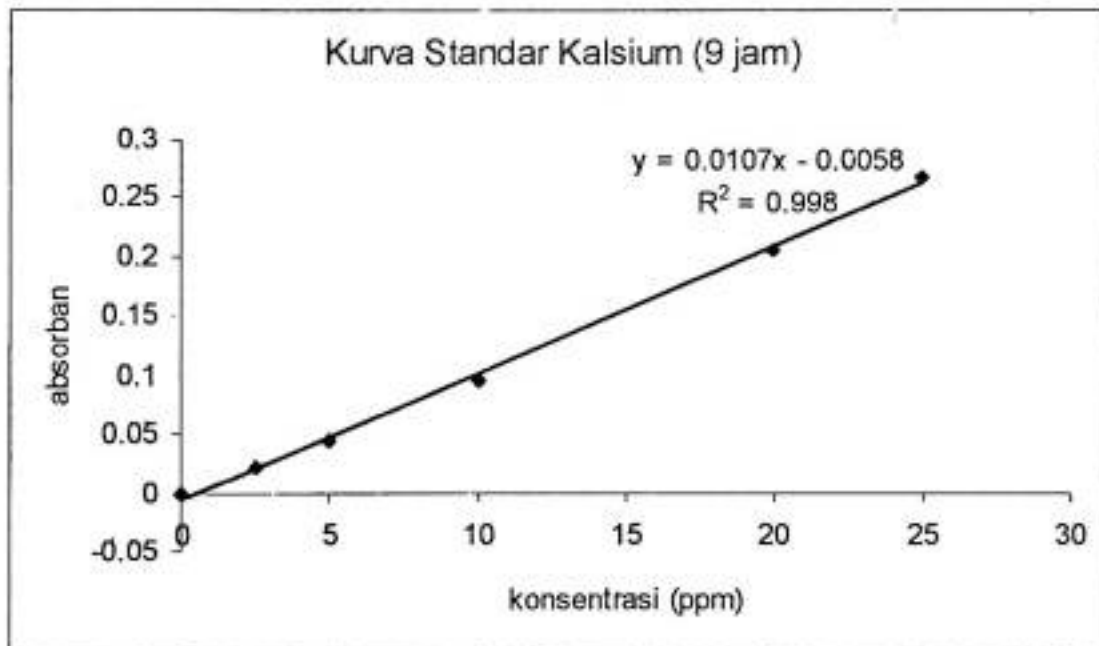


Gambar 2. Kurva standar kalsium (6 jam)

Lampiran 6. Kurva Standar Kalsium (9 jam)

Tabel 3. Hasil pengukuran kurva standar kalsium (9 jam)

Konsentrasi	Absorban
0	0
2.5	0.022
5	0.044
10	0.096
20	0.205
25	0.267

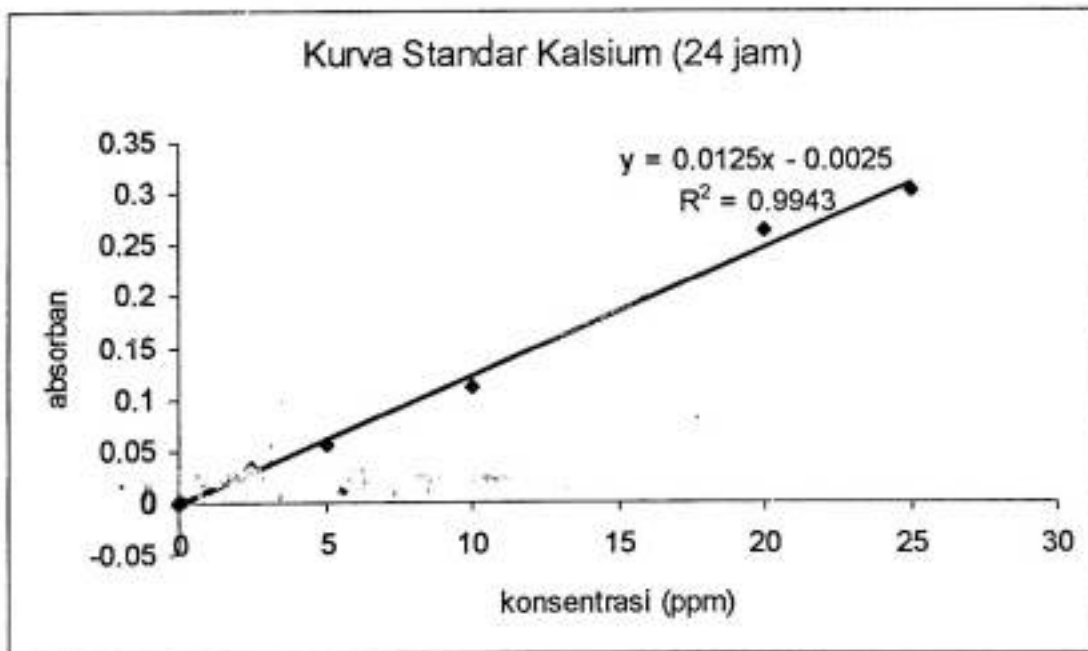


Gambar 3. Kurva standar kalsium (9 jam)

Lampiran 7. Kurva Standar Kalsium (24 jam)

Tabel 4. Hasil pengukuran kurva standar kalsium (24 jam)

Konsentrasi	Absorbansi
0	0
2.5	0.033
5	0.056
10	0.112
20	0.263
25	0.302

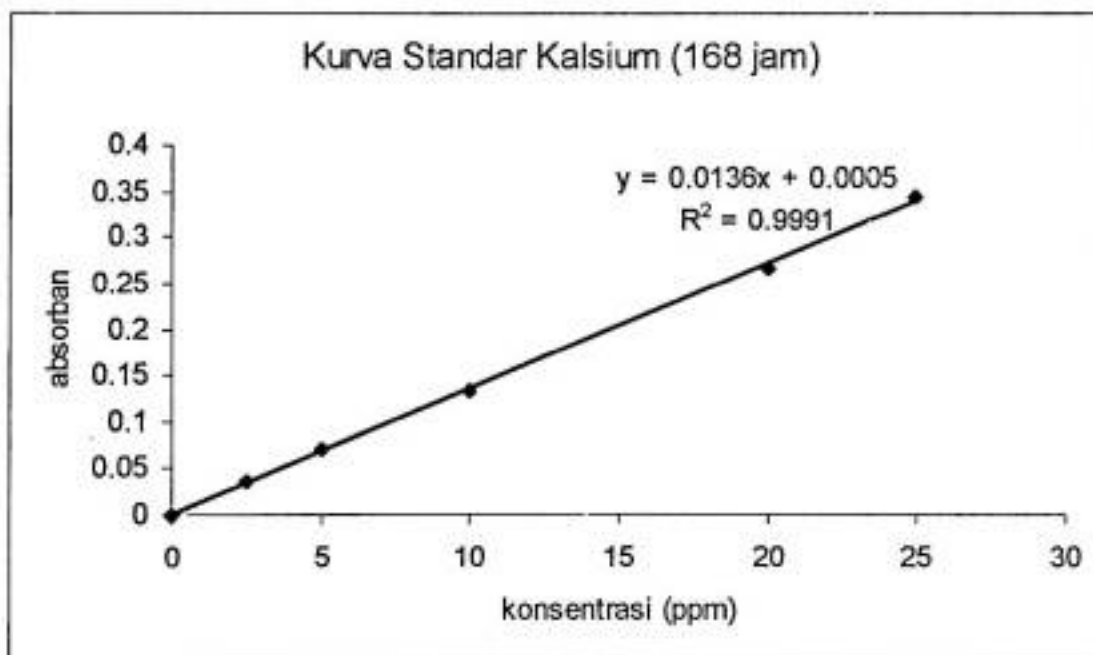


Gambar 4. Kurva Standar Kalsium (24 jam)

Lampiran 8. Kurva Standar Kalsium (168 jam)

Tabel 5. Hasil pengukuran kurva kalsium (168 jam)

Konsentrasi	Absorbansi
0	0
2.5	0.037
5	0.07
10	0.133
20	0.266
25	0.345



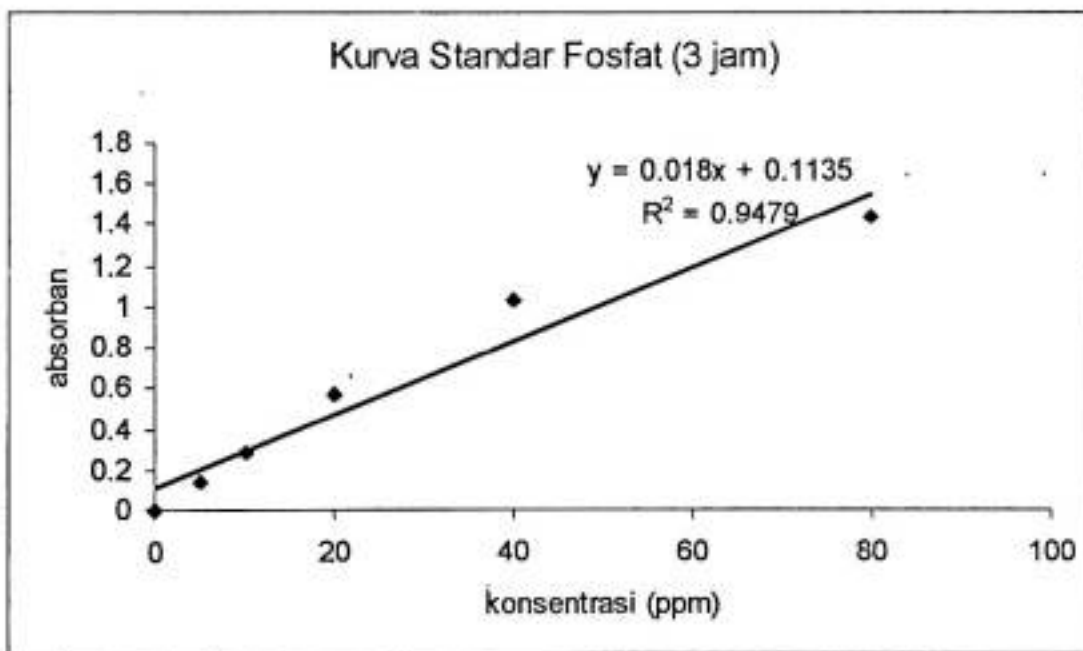
Gambar 5. Kurva Standar Kalsium



Lampiran 9. Kurva Standar Fosfat (3 jam)

Tabel 6. Hasil perhitungan kurva standar fosfat (3 jam)

Konsentrasi	Absorban
0	0
5	0.142
10	0.289
20	0.575
40	1.031
80	1.433
100	1.966

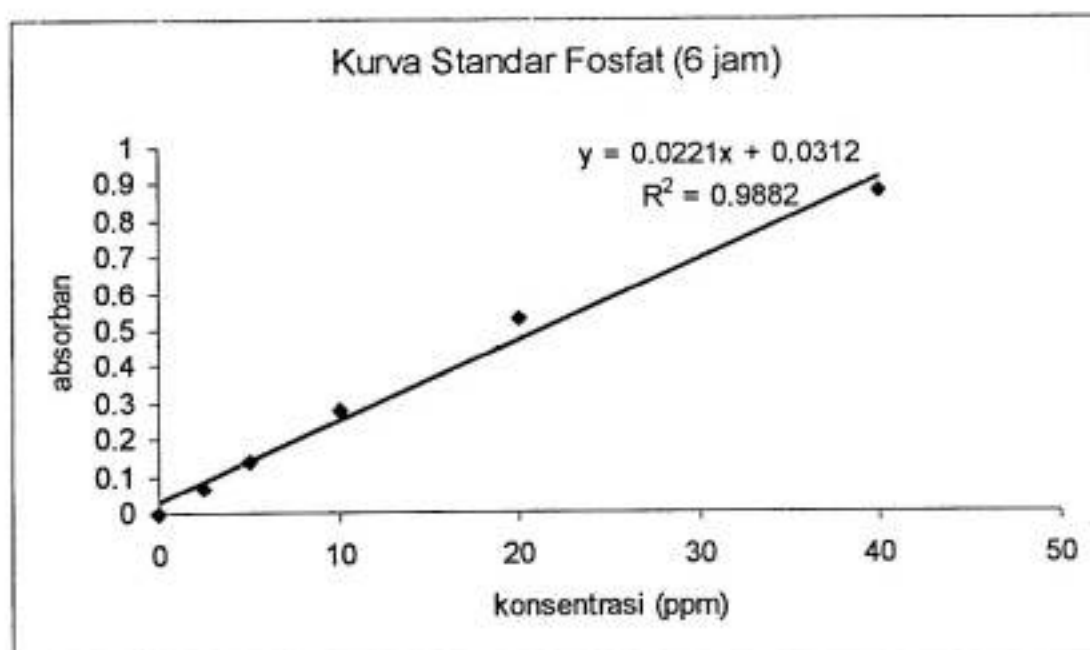


Gambar 6. Kurva standar fosfat (3 jam)

Lampiran 10. Kurva Standar Fosfat (6 jam)

Tabel 7. Hasil perhitungan kurva standar fosfat (6 jam)

Konsentrasi	Absorban
0	0
2.5	0.067
5	0.14
10	0.283
20	0.529
40	0.881

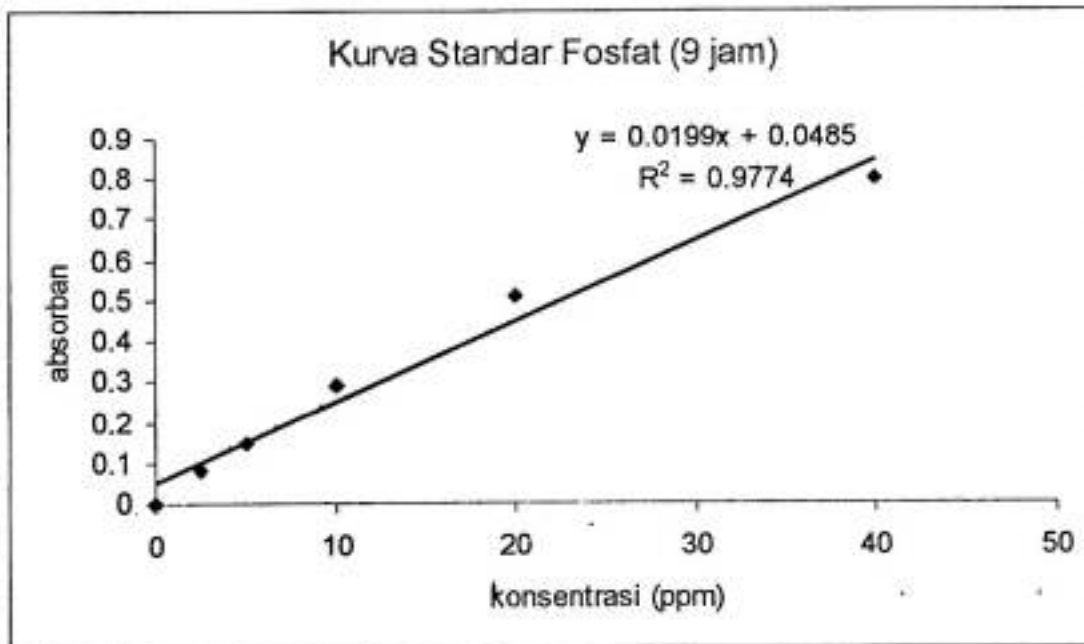


Gambar 7. Kurva standar fosfat (6 jam)

Lampiran 11. Kurva Standar Fosfat (9 jam)

Tabel 8. Hasil perhitungan kurva standar fosfat (9 jam)

Konsentrasi	Absorban
0	0
2.5	0.082
5	0.148
10	0.289
20	0.512
40	0.803

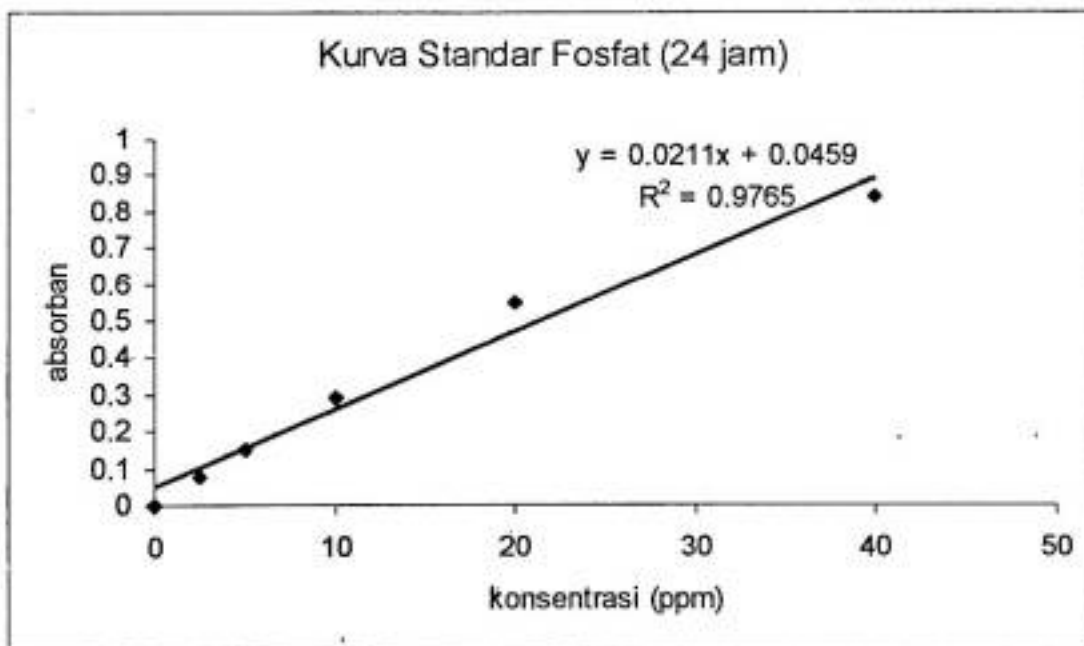


Gambar 8. Kurva standar fosfat (9 jam)

Lampiran 12. Kurva Standar Fosfat (24 jam)

Tabel 9. Hasil pengukuran kurva standar fosfat (24 jam)

Konsentrasi	Absorban
0	0
2.5	0.077
5	0.153
10	0.29
20	0.546
40	0.842

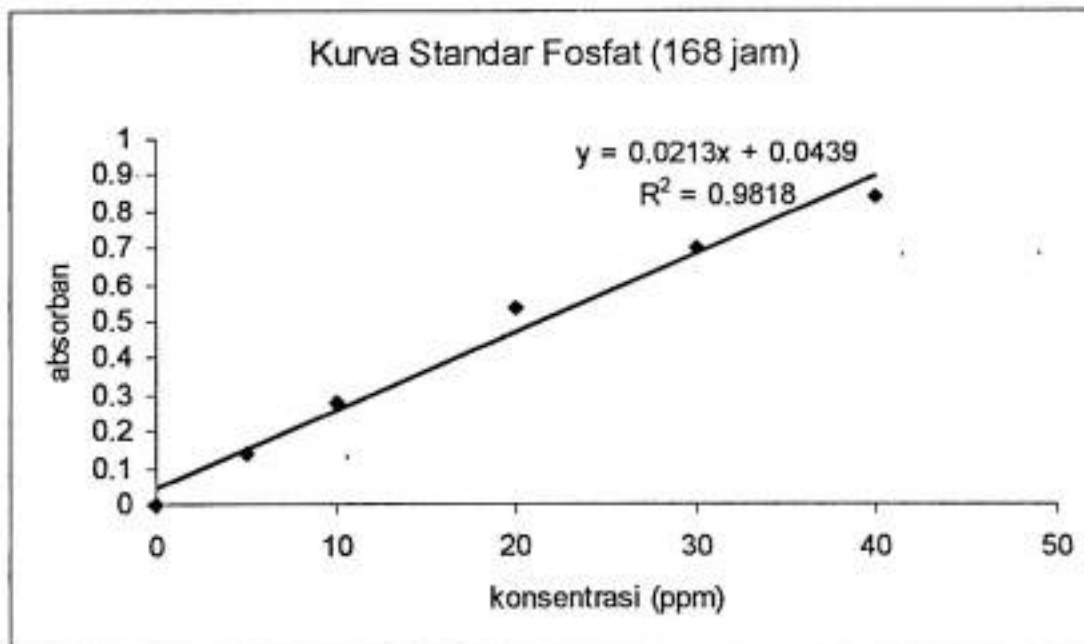


Gambar 9. Kurva Standar Fosfat (24 jam)

Lampiran 13. Kurva Standar Fosfat (168 jam)

Tabel 10. Hasil pengukuran kurva standar fosfat (168 jam)

Konsentrasi	Absorban
0	0
5	0.138
10	0.279
20	0.535
30	0.701
40	0.843
50	0.98



Gambar 10. Kurva standar fosfat (168 jam)

Lampiran 14. Perhitungan garis regresi linier untuk kalsium (3 jam)

Tabel 11. Perhitungan garis regresi linier untuk kalsium (3 jam)

X	Y	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2.5	0.018	0.045	6.25	0.000324
5	0.047	0.235	25	0.002209
10	0.093	0.93	100	0.008649
20	0.219	4.38	400	0.047961
25	0.297	7.425	625	0.088209
$\Sigma = 62.5$	$\Sigma = 0.674$	$\Sigma = 13.015$	$\Sigma = 1156.25$	$\Sigma = 0.147352$

Persamaan garis regresi:

$$y = ax + b$$

Dimana : y = Absorban

x = Konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus:

$$a = \frac{\sum y(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0119$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = -0,0113$$

Maka persamaan garis regresinya:

$$y = 0,0119x - 0,0113$$

Lampiran 15. Perhitungan garis regresi linier untuk kalsium (6 jam)

Tabel 12. Perhitungan garis regresi linier untuk kalsium (6 jam)

X	Y	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2,5	0,033	0,0825	6,25	0,001089
5	0,068	0,34	25	0,004624
10	0,129	1,29	100	0,016641
20	0,259	5,18	400	0,067081
25	0,355	8,875	625	0,126025
$\Sigma = 62,5$	$\Sigma = 0,844$	$\Sigma = 15,7675$	$\Sigma = 1156,25$	$\Sigma = 0,21546$

Persamaan garis regresi:

$$y = ax + b$$

Dimana : y = Absorban

x = Konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus:

$$a = \frac{\sum y(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0138$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = -0,0032$$

Maka persamaan garis regresinya:

$$y = 0,0138x - 0,0032$$

Lampiran 16. Perhitungan garis regresi linier untuk kalsium (9 jam)

Tabel 13. Perhitungan garis regresi linier untuk kalsium (9 jam)

X	Y	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2,5	0,022	0,055	6,25	0,000484
5	0,044	0,22	25	0,001936
10	0,096	0,96	100	0,009216
20	0,205	4,1	400	0,042025
25	0,267	6,675	625	0,071289
$\Sigma = 62,5$	$\Sigma = 0,634$	$\Sigma = 12,01$	$\Sigma = 1156,25$	$\Sigma = 0,12495$

Persamaan garis regresi:

$$y = ax + b$$

Dimana : y = Absorban

x = Konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus:

$$a = \frac{\sum y(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0107$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = -0,0058$$

Maka persamaan garis regresinya:

$$y = 0,0107x - 0,0058$$



Lampiran 17. Perhitungan garis regresi linier untuk kalsium (24 jam)

Tabel 14. Perhitungan garis regresi linier untuk kalsium (24 jam)

X	Y	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2.5	0.033	0.0825	6.25	0.001089
5	0.056	0.28	25	0.003136
10	0.112	1.12	100	0.012544
20	0.263	5.26	400	0.069169
25	0.302	7.55	625	0.091204
Σ = 62.5	Σ = 0.766	Σ = 14.2925	Σ = 1156.25	Σ = 0.177142

Persamaan garis regresi:

$$y = ax + b$$

Dimana : y = Absorban

x = Konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus:

$$a = \frac{\sum y(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0125$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = -0,0025$$

Maka persamaan garis regresinya:

$$y = 0,0125x - 0,0025$$

Lampiran 18. Perhitungan garis regresi linier untuk kalsium (168 jam)

Tabel 15. Perhitungan garis regresi linier untuk kalsium (168 jam)

X	Y	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2.5	0.037	0.0925	6.25	0.001369
5	0.07	0.35	25	0.0049
10	0.133	1.33	100	0.017689
20	0.266	5.32	400	0.070756
25	0.345	8.625	625	0.119025
$\Sigma = 62.5$	$\Sigma = 0.851$	$\Sigma = 15.7175$	$\Sigma = 1156.25$	$\Sigma = 0.213739$

Persamaan garis regresi:

$$y = ax + b$$

Dimana : y = Absorban

x = Konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus:

$$a = \frac{\sum y(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0136$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = -0,0005$$

Maka persamaan garis regresinya:

$$y = 0,0136x - 0,0005$$

Lampiran 19. Perhitungan garis regresi linier untuk fosfat (3 jam)

Tabel 16. Perhitungan garis regresi untuk fosfat (3 jam)

X	Y	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
5	0.142	0.71	25	0.020164
10	0.289	2.89	100	0.083521
20	0.575	11.5	400	0.330625
40	1.031	41.24	1600	1.062961
80	1.433	114.64	6400	2.053489
100	1.966	196.6	10000	3.865156
$\Sigma = 255$	$\Sigma = 5.436$	$\Sigma = 367.58$	$\Sigma = 18525$	$\Sigma = 7.415916$

Persamaan garis regresi:

$$y = ax + b$$

Dimana : y = Absorban

x = Konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus:

$$a = \frac{\sum y(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0184$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,1078$$

Maka persamaan garis regresinya:

$$y = 0,0184x + 0,1078$$

Lampiran 20. Perhitungan garis regresi linier untuk fosfat (6 jam)

Tabel 17. Perhitungan garis regresi linier untuk fosfat (6 jam)

X	Y	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2.5	0.067	0.1675	6.25	0.004489
5	0.14	0.7	25	0.0196
10	0.283	2.83	100	0.080089
20	0.529	10.58	400	0.279841
40	0.881	35.24	1600	0.776161
$\Sigma = 77.5$	$\Sigma = 1.9$	$\Sigma = 49.5175$	$\Sigma = 2131.25$	$\Sigma = 1.16018$

Persamaan garis regresi:

$$y = ax + b$$

Dimana : y = Absorban

x = Konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus:

$$a = \frac{\sum y(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0221$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0312$$

Maka persamaan garis regresinya:

$$y = 0,0221x + 0,0312$$

Lampiran 21. Perhitungan garis regresi linier untuk fosfat (9 jam)

Tabel 18. Perhitungan garis regresi linier untuk fosfat (9 jam)

X	Y	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2.5	0.082	0.205	6.25	0.006724
5	0.148	0.74	25	0.021904
10	0.289	2.89	100	0.083521
20	0.512	10.24	400	0.262144
40	0.803	32.12	1600	0.644809
$\Sigma = 77.5$	$\Sigma = 1.834$	$\Sigma = 46.195$	$\Sigma = 2131.25$	$\Sigma = 1.019102$

Persamaan garis regresi:

$$y = ax + b$$

Dimana : y = Absorban

x = Konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus:

$$a = \frac{\sum y(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0199$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0485$$

Maka persamaan garis regresinya:

$$y = 0,0199x + 0,0485$$

Lampiran 22. Perhitungan garis regresi linier untuk fosfat (24 jam)

Tabel 19. Perhitungan garis regresi untuk fosfat (24 jam)

X	Y	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2.5	0.077	0.1925	6.25	0.005929
5	0.153	0.765	25	0.023409
10	0.29	2.9	100	0.0841
20	0.546	10.92	400	0.298116
40	0.842	33.68	1600	0.708964
$\Sigma = 77.5$	$\Sigma = 1.908$	$\Sigma = 48.4575$	$\Sigma = 2131.25$	$\Sigma = 1.120518$

Persamaan garis regresi:

$$y = ax + b$$

Dimana : y = Absorban

x = Konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus:

$$a = \frac{\sum y(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0221$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0459$$

Maka persamaan garis regresinya:

$$y = 0,0221x + 0,0459$$

Lampiran 23. Perhitungan garis regresi linier untuk fosfat (168 jam )

Tabel 20. Perhitungan garis regresi linier untuk fosfat (168 jam)

X	Y	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
5	0.138	0.69	25	0.019044
10	0.279	2.79	100	0.077841
20	0.535	10.7	400	0.286225
30	0.701	21.03	900	0.491401
40	0.843	33.72	1600	0.710649
50	0.98	49	2500	0.9604
Σ = 155	Σ = 3.476	Σ = 117.93	Σ = 5525	Σ = 2.54556

Persamaan garis regresi:

$$y = ax + b$$

Dimana : y = Absorban

x = Konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus:

$$a = \frac{\sum y(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0196$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} = 0,0632$$

Maka persamaan garis regresinya:

$$y = 0,0196x + 0,0632$$