



**PERBEDAAN KADAR FLUOR PADA AIR SUMUR GALI SETELAH
PEMBERIAN KAPUR (CaO) DAN TAWAS (Al₂(SO₄)₃)
(STUDI DI DESA GUDANG KECAMATAN ASEMBAGUS
KABUPATEN SITUBONDO)**

SKRIPSI

Oleh

**HERDIAN RISKIANTO
NIM 122110101180**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**PERBEDAAN KADAR FLUOR PADA AIR SUMUR GALI SETELAH
PEMBERIAN KAPUR (CaO) DAN TAWAS (Al₂(SO₄)₃)
(STUDI DI DESA GUDANG KECAMATAN ASEMBAGUS
KABUPATEN SITUBONDO)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat
dan mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Oleh

**HERDIAN RISKIANTO
NIM 122110101180**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan rasa hormat dan penghargaan setinggi-tingginya untuk:

- a. Kedua orang tua saya, Bapak Supratiknyo dan Ibu Anik Trihastutik, yang selalu memberikan dukungan, cinta, kasih sayang, dan doa sehingga saya bisa menjalani kehidupan dengan baik.
- b. Kakak saya Rio Dedi Pranoto yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada saya.
- c. Guru-guru saya dari TK hingga perguruan tinggi dan seluruh guru non-akademik yang memberikan banyak ilmu yang tak ternilai harganya, memberikan bimbingan nasihat dan inspirasi untuk menghadapi masa depan nanti.
- d. Almamater tercinta Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

MOTTO

” Tidak ada keberhasilan tanpa Kerja Keras, Keuletan, Kegigihan, dan Kedisiplinan. Semua cita-cita dan ambisi hanya bisa direngkuh apabila kita mau terus belajar berbagai hal, di mana pun dan kepada siapa pun”



*) Diredja, Tjahja Gunawan, 2012, *Chairul Tanjung Si Anak Singkong*, Jakarta: PT. Kompas Media Nusantara

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Herdian Riskianto

NIM : 122110101180

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Perbedaan Kadar Fluor Pada Air Sumur Gali Setelah Pemberian Kapur (CaO) dan Tawas (Al₂(SO₄)₃) (Studi di Desa Gudang Kecamatan Asembagus Kabupaten Situbondo)* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan prinsip ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 3 November 2016

Yang menyatakan,

Herdian Riskianto

NIM 122110101180

PEMBIMBINGAN

SKRIPSI

**PERBEDAAN KADAR FLUOR PADA AIR SUMUR GALI SETELAH
PEMBERIAN KAPUR (CaO) DAN TAWAS ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) (STUDI DI DESA
GUDANG KECAMATAN ASEMBAGUS KABUPATEN SITUBONDO)**

Oleh

Herdian Riskianto

NIM 122110101180

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prehatin Trirahayu Ningrum, S.KM., M.Kes.

Dosen Pembimbing Anggota : Ellyke, S.KM., M.KL.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul *Perbedaan Kadar Fluor pada Air Sumur Gali Setelah Pemberian Kapur (CaO) dan Tawas (Al₂(SO₄)₃) (Studi di Desa Gudang Kecamatan Asembagus Kabupaten Situbondo)* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 3 November 2016

Tempat : Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua

Sekretaris

Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes.
NIP. 197509142008121002

Christyana Sandra, S.KM., M.Kes.
NIP. 198204162010122003

Anggota I

Muchamad Syaiful, S.KM., M.Si.
NIP. 19631003 198412 1 004

Mengesahkan
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Jember

Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes.
NIP. 19800516 200312 2 002

RINGKASAN

Perbedaan Kadar Fluor pada Air Sumur Gali Setelah Pemberian Kapur (CaO) dan Tawas ($Al_2(SO_4)_3$) (Studi di Desa Gudang Kecamatan Asembagus Kabupaten Situbondo); Herdian Riskianto; 122110101180; 2016; 92 halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember.

Masalah pencemaran air pada sungai, laut, danau dan air bawah tanah semakin menjadi masalah di Indonesia sebagaimana pencemaran udara dan pencemaran tanah. Penyebab terjadinya pencemaran air meliputi penyebab alami, sampah organik, limbah pabrik yang tidak disaring, dan penggunaan bahan peledak. Salah satu pencemaran air secara alami terjadi di Kecamatan Asembagus Kabupaten Situbondo. Polutan pada daerah Kecamatan Asembagus berasal dari danau asam tinggi Kawah Ijen.

Aliran air sungai Banyuputih yang tercemar danau Kawah Ijen menyebabkan tingginya kadar fluor pada daerah sekitar Kecamatan Asembagus. Kandungan fluor dalam air tanah di sekitar aliran sungai akan meningkat, sehingga masyarakat yang di daerah tersebut mendapatkan *intake* fluor lebih banyak dari air minum yang mereka konsumsi. Konsumsi fluor dalam air minum mempengaruhi enamel gigi. Konsumsi air yang mengandung fluor dalam jumlah besar dapat menimbulkan fluorosis gigi. Fluorosis gigi adalah terdapatnya garis putih yang meluas pada permukaan gigi serta lebih menonjol, serta permukaan gigi tampak suram seperti kabut.

Studi pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti pada salah satu sumur warga tanggal 27 April 2016 di Desa Gudang, didapatkan hasil bahwa air tersebut mempunyai kadar fluor sebesar 2,45 mg/l. Jumlah tersebut tidak memenuhi persyaratan pada PERMENKES RI Nomor 416 Tahun 1990 karena melebihi Baku Mutu Lingkungan, dimana batas maksimal kadar fluor pada air bersih adalah 1,5 mg/l. Dampak dari air bersih yang digunakan oleh masyarakat Desa Gudang, Kecamatan Asembagus, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur, mempunyai

gigi dengan warna gigi dengan noda kecoklat-coklatan tak teratur dan lekukan kecil.

Jenis penelitian yang digunakan adalah *True Eksperimental* yaitu studi eksperimen dimana peneliti dapat mengontrol semua variabel luar yang mempengaruhi jalannya eksperimen. Dengan demikian validitas internal (kualitas pelaksanaan rancangan penelitian) dapat menjadi tinggi. Desain penelitian ini adalah *True Eksperimental Design* dengan bentuk *Posttest-Only Control Designs* dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL).

Penelitian ini menggunakan variasi campuran, meliputi campuran kapur konsentrasi 2% sebanyak 5 ml dan Tawas konsentrasi 2% sebanyak 20 ml untuk perlakuan pertama, campuran kapur konsentrasi 5% sebanyak 5 ml dan tawas konsentrasi 5% sebanyak 20 ml untuk perlakuan kedua, campuran kapur konsentrasi 10% sebanyak 5 ml dan tawas konsentrasi 10% sebanyak 20 ml untuk perlakuan ke tiga. Setelah di campur, ketiga perlakuan tersebut dilakukan pengadukan cepat selama 15 menit, pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit.

Hasil Penelitian menunjukkan, rerata kadar fluor pada kelompok kontrol, Kelompok perlakuan pertama (X_1), Kelompok perlakuan kedua (X_2), kelompok perlakuan ketiga (X_3), berturut-turut adalah 2,35 mg/l, 0,89 mg/l, 0,47 mg/l, 0,05 mg/l. Kadar fluor pada ketiga kelompok perlakuan tersebut memenuhi persyaratan pada PERMENKES RI Nomor 416 Tahun 1990, dimana Baku Mutu Lingkungan kadar fluor pada air bersih adalah 1,5 mg/l. Uji statistika menunjukkan bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan X_1 , X_2 , X_3 . Artinya terjadi penurunan kadar fluor secara signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan X_1 , X_2 , X_3 .

Kesimpulan yang dapat ditarik pada penelitian ini adalah semakin tinggi konsentrasi kapur dan tawas yang ditambahkan pada air sumur gali yang mengandung fluor, maka kandungan fluor pada air sumur gali semakin menurun

SUMMARY

The Difference Fluor Level In Dug Well After Giving Lime (CaO) And Alum (Al₂(SO₄)₃) (Study In Gudang Village Asembagus Sub-district Situbondo District); Herdian Riskianto; 122110101180; 2016; 92 pages; Departement of Enviromental Health and Occupational Health and Safety, Public Health Faculty, University of Jember.

Contaminated water in river, seas, lakes, and ground water, is becoming seriously problem in Indonesia as well as air pollution and soil contamination. Water pollution caused by natural causes, organic waste, not filtered plant waste, and uses of explosive. One of the natural water pollution occurs in Asembagus sub-district Situbondo district. Water pollution in Asembagus sub-district caused by high acid Ijen Crater Lake.

River flow polluted by Ijen Crater Lake leading to high fluoride in Asembagus sub-district. The content of fluoride in ground water around the river will increase, so communities in area get more fluoride intake from drinking water. Consumption of fluoride in drinking water affects tooth enamel. Consumption of water containing fluoride in large amounts can cause dental fluorosis. Dental fluorosis is the presence of a white line that extends to the tooth surface as well as more prominent, and the tooth surface looks bleak as fog.

Preliminary study conducted by researchers at one of the wells on 27 April 2016 for the Gudang Village, showed that the water has fluorides levels by 2.45 mg/l. It does not meet the requirements of PERMENKES No. 416 of 1990 for exceeding the Environmental Quality Standards, which maximum limit of fluoride concentration in water is 1.5 mg/l. The impact of the water used by the gudang village have teeth with the tooth color with brownish stains irregular and small indentations.

This study was a True Experimental that is experimental studies in which researchers can control all external variables that influence the course of the experiment. Accordingly internal validity (the quality of the implementation of the

study design) can be high. This study design was Posttest-Only Control Designs using Completely Randomized Design (CRD).

This study use a variation of a mixture consists of 2% lime concentration as much as 5 ml and 2% alum concentration as much as 20 ml for the first treatment, a mixture of 5% lime concentration as much as 5 ml and 5% alum concentration as much as 20 ml for the second treatment, a mixture of 10% lime concentration as much as 5 ml and 10% alum concentration as much as 20 ml for the third treatment. After mixed, the three treatments are carried out rapidly stirring for 15 minutes, slowly stirring for 3 minutes and deposition for 60 minutes.

Results showed that average fluoride concentration in the control group, first treatment group (X_1), second treatment group (X_2), third treatment group (X_3), consecutively was 2,35 mg/l, 0,89 mg/l, 0,47 mg / l, 0,05 mg/l. Levels of fluoride in all treatment groups that meet the requirements of PERMENKES RI number 416 of 1990, which the Environmental Quality Standard levels of fluoride in water is 1,5 mg/l. Statistic test indicate that there are significant differences between the control group and the treatment group X_1 , X_2 , X_3 . This means that decreased levels of fluorine significantly between the control and treatment groups X_1 , X_2 , X_3 .

The conclusion that can be drawn in this study is higher concentration of lime and alum added to water wells containing fluoride, it will reduce the content of fluoride in the water wells.

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat terselesaikannya skripsi dengan judul *Perbedaan Kadar Fluor pada Air Sumur Gali Setelah Pemberian Kapur (CaO) dan Tawas (Al₂(SO₄)₃) (Studi di Desa Gudang Kecamatan Asembagus Kabupaten Situbondo)*, sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Pada kesempatan ini kami menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Ibu Prehatin Trirahayu Ningrum, S.KM., M.Kes. dan Ibu Ellyke, S.KM., M.KL., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, koreksi serta saran hingga terwujudnya skripsi ini. Terima kasih dan penghargaan kami sampaikan pula kepada yang terhormat:

1. Ibu Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes., selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.
2. Bapak Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes., selaku Ketua Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember, serta selaku penguji skripsi saya.
3. Ibu Christyana Sandra, S.KM., M.Kes., selaku penguji skripsi saya.
4. Bapak Muchamad Syaiful, S.KM., M.Si., selaku penguji skripsi saya
5. Orang tua peneliti Bapak Drs. Supratiknyo, Apt. dan Ibu dr. Anik Trihastutik serta kakak saya Rio Dedi Pranoto, Apt. Terima kasih atas segalanya yang telah diberikan.
6. Semua guru TK RA Bustanul Ulum Johowinong Jombang, SDN 2 Johowinong Jombang, SMPN 1 Situbondo, SMAN 1 Situbondo, serta dosen dan staf FKM UNEJ. Terima kasih atas ilmu yang diberikan kepada penulis.
7. Teman seperjuangan, Renny Arista Ayu Putranti, Naufal Roby, Jodi Wiran, Irman Efendi, Rizal Bachtiar, Siti Fatimatun, Anis Sofi, Azzumrotul Baroroh, Rikza Umami, terima kasih atas kehadiran kalian dalam kehidupanku dengan segala bentuk bantuan dan motivasi yang tidak pernah ada habisnya

8. Teman kos mastrip VII, Yudha Prakoso, A.A Adit, Boban, mas Irfan, mas Yafi, mas Aris, mas Yogik, mas Gian, mas Daus, mas Pinton, serta bapak Teguh selaku bapak kos, terima kasih atas pengalaman yang tidak terlupakan.
9. Teman srigala PHBS 2012, Agung, Hilmy, Ardy, Iqbal, Viki, Asrori, Adit Sapta, Rizal Vara, Joyo, Artma, Rio, Rere, Iwan, Hery, Arizky, Gesang, Bhakti, Fery, dan masih banyak lagi yang tidak bisa disebutkan penulis, terima kasih atas motivasi yang di berikan selama ini.
10. Teman PBL kelompok 1, Fadil, Nurul, Lutfi, Handika, Nyimas, Dudul, Een, Yayuk, Naici, Uswah, mas Dimas, Krishna, Nevi, terima kasih atas pengalaman pengabdian masyarakat
11. Teman-teman peminatan kesehatan lingkungan 2012, UKM KOMPLIDS, Kelompok magang PT. Petrokimia Gresik, kelompok PKM Penelitian Ampas Kopi, dan teman-teman FKM 2012 terima kasih atas bantuannya dalam menyelesaikan penelitian ini.
12. Semua orang yang membantu dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu.

Skripsi ini telah saya susun dengan optimal, namun tidak menutup kemungkinan adanya kekurangan, oleh karena itu kami dengan tangan terbuka menerima masukan yang membangun. Semoga tulisan ini berguna bagi semua pihak yang memanfaatkannya.

Jember, 3 November 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.4.1 Manfaat Teoritis	5
1.4.2 Manfaat Praktis	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Air	7
2.1.1 Jenis Air Menurut Asal Sumbernya	7
2.1.2 Air Tanah	7
2.1.3 Kualitas Air Bersih	8
2.1.4 Pengambilan Sampel Air Tanah	11

2.1.5 Pengawetan dan Penyimpanan Sampel Air Tanah untuk Pemeriksaan Fluor.....	12
2.2 Pencemaran Air	12
2.3 Fluor	13
2.3.1 Sifat Kimia Fluor.....	13
2.3.2 Sumber Fluor.....	13
2.3.3 Metabolisme Fluor.....	15
2.3.4 Efek Toksik dari Fluor.....	19
2.4 Fluorosis Gigi	20
2.5 Daerah Endemik Fluorosis	20
2.6 Pengolahan Air	22
2.6.1 Pengolahan Air Secara Fisika.....	22
2.6.2 Pengolahan Air Secara Kimia.....	23
2.6.3 Pengolahan Air secara Biologi.....	25
2.7 Kapur	26
2.8 Tawas	26
2.9 Metode Penurunan Kadar Fluor	27
2.10 Kerangka Teori	29
2.11 Kerangka Konseptual	30
2.12 Hipotesis Penelitian	31
BAB 3. METODE PENELITIAN	33
3.1 Jenis Penelitian	33
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	35
3.2.1 Tempat Penelitian.....	35
3.2.2 Waktu Penelitian.....	35
3.3 Objek Penelitian	36
3.3.1 Sampel Penelitian.....	36
3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel.....	36
3.4 Variabel dan Definisi Operasional	37
3.5 Data dan Sumber Data	39
3.5.1 Data Primer.....	39

3.5.2 Data Sekunder	39
3.6 Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data	40
3.6.1 Teknik Pengumpulan Data	40
3.6.2 Instrumen Pengumpulan data	40
3.7 Prosedur Kerja	40
3.7.1 Alat Penelitian	40
3.7.2 Bahan Penelitian	41
3.7.3 Prosedur Penelitian Pembuatan Larutan Kapur dan Tawas	41
3.7.4 Prosedur Penelitian Pemberian Larutan Kapur dan Tawas.....	43
3.7.5 Parameter yang diukur	44
3.7.6 Kerangka Prosedur Kerja Penelitian.....	45
3.8 Teknik Penyajian dan Analisis Data.....	46
3.9 Alur Penelitian.....	48
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Hasil Penelitian	49
4.1.1 Gambaran Keadaan Geografis Kecamatan Asembagus, Kabupaten Situbondo	49
4.1.2 Kadar Fluor Air Sumur Gali pada Kelompok Kontrol, Kelompok Perlakuan Pertama, Kelompok Perlakuan Kedua, Kelompok Perlakuan Ketiga	52
4.1.3 Perbedaan Pemberian Konsentrasi Kapur dan Tawas terhadap Penurunan Kadar Fluor Pada Air Sumur Gali	57
4.2 Pembahasan	60
4.3 Pencegahan Fluorosis Gigi	65
BAB 5. PENUTUP	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	76

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Syarat Fisik Kualitas Air Bersih	9
Tabel 2. 2 Syarat Kimia Kualitas Air Bersih.....	9
Tabel 2. 3 Syarat Bakteriologis Kualitas Air Bersih	11
Tabel 3. 1 Tata Letak Rancangan Acak Lengkap Penelitian	35
Tabel 3. 2 Variabel, Definisi Operasional, Skala Data, Cara Pengukuran, Satuan	38
Tabel 4. 1 Jumlah Rumah tangga Menurut Sumber Air Minum.....	51
Tabel 4. 2 Rerata Penurunan Kadar Fluor pada Tiap Kelompok Penelitian	56
Tabel 4. 3 Uji Normalitas Pada Setiap Kelompok Perlakuan	57
Tabel 4. 4 Uji Post Hoc pada Masing-masing Perlakuan	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Absorpsi, Distribusi, dan Eliminasi Fluor dari Tubuh.....	16
Gambar 2. 2 Proses Amelogenesis Normal dan Proses Amelogenesis 24 Jam Setelah Terpapar Flouride.....	17
Gambar 2. 3 Sebaran Daerah Endemic Fluorosis.....	21
Gambar 2. 4 Diagram Alir Kerangka Teori	29
Gambar 2. 5 Diagram Alir Kerangka Konsep.....	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir Desain Penelitian.....	34
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kerangka Prosedur Kerja Penelitian	45
Gambar 3. 3 Alur Penelitian.....	48
Gambar 4. 1 Peta Wilayah Asembagus, Sumber Air, dan Alirannya.....	50
Gambar 4. 2 Kadar Fluor Pada Air Sumur Gali di Kecamatan Asembagus	51
Gambar 4. 3 Perbandingan Kadar Fluor Antar Kelompok Perlakuan	53

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Metode Pembuatan Larutan Kapur (CaO).....	76
Lampiran B. Metode Pembuatan Larutan Tawas (Al ₂ (SO ₄) ₃)	77
Lampiran C. Metode Pemberian Kapur (CaO) dan Tawas (Al ₂ (SO ₄) ₃)	78
Lampiran D. Hasil Laboratorium Studi Pendahuluan.....	81
Lampiran E. Hasil Laboratorium Penelitian	82
Lampiran F. Hasil Uji Statistik Normalitas dan One Way Anova	83
Lampiran G. Dokumentasi Penelitian.....	86
Lampiran H. Desain Alat Pengolahan Air Sumur Gali.....	92

DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI

DAFTAR SINGKATAN

AgF	= Argentum Fluorida
Al ₂ (SO ₄) ₃	= Alumunium Sulfat (Tawas)
BOD	= Biological Oxygen Demand
C	= Celcius
CaF ₂	= Calsium Fluorida
CaO	= Calsium Oksida (Kapur)
CFI	= Community Fluorosis Index
Cm	= Centimeter
COD	= Chemical Oxygen Demand
F	= Fluorida
F ⁻	= Ion Fluorida
pH	= Power of Hydrogen (Derajat Keasaman)
KF	= Kalium Fluorida
Km ²	= Kilometer Persegi
KK	= Kepala Keluarga
m	= Meter
mg	= Miligram
mg/l	= Miligram per Liter
mg/Kg	= Miligram per Kilogram
ml	= Mililiter
mm	= Milimeter
NaF	= Natrium Fluorida
NTU	= Nephelometric Turbidity Units (NTU)
PbF ₂	= Plumbum Fluorida
PDAM	= Perusahaan Daerah Air Minum
ppm	= Part Per Million
RI	= Republik Indonesia
RPM	= Rotasi Per Menit

SD	= Standard Deviasi
SNI	= Standard Nasional Indonesia
TCU	= True Color Unit
WHO	= World Health Organization

DAFTAR NOTASI

°	= Derajat
%	= Persentase
~	= Sekitar
0	= Derajat
±	= Kurang lebih
≤	= Kurang dari sama dengan
≥	= Lebih dari sama dengan
<	= Kurang dari
>	= Lebih dari

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan merupakan suatu sistem dalam rangka upaya membentuk lingkungan hidup yang serasi dan lestari serta memenuhi kebutuhan secara terus menerus. Konsep pengelolaan sumberdaya air pada dasarnya mencakup upaya serta kegiatan pengembangan pemanfaatan dan pelestarian sumber daya air berupa penyaluran air yang tersedia dalam konteks ruang dan waktu, dan komponen mutu serta komponen volume pada suatu wilayah untuk memenuhi kebutuhan pokok kehidupan makhluk hidup (Samidjo, 2014:44). Pemanfaatan sumber daya air untuk kebutuhan masyarakat harus memenuhi syarat secara kuantitas maupun kualitas. Pada segi kuantitas, kebutuhan air masyarakat di negara berkembang antara 30-60 liter/orang/hari, sedangkan di negara-negara maju atau di perkotaan memerlukan 60-120 liter/orang/hari (Suyono, 2010:25). Pada segi kualitas, air bersih harus memenuhi syarat bakteriologis, fisik, kimia, dan radioaktif.

Masalah pencemaran air pada sungai, laut, danau, dan air bawah tanah semakin menjadi masalah di Indonesia sebagaimana pencemaran udara dan pencemaran tanah. Pada saat ini, mendapatkan air bersih yang tidak tercemar sangat sulit ditemukan bahkan pada sungai-sungai di lereng pegunungan. Pencemaran air di Indonesia sebagian besar diakibatkan oleh aktivitas manusia yang meninggalkan limbah pemukiman, limbah pertanian, dan limbah industri termasuk pertambangan (Almaendah, 2010). Penyebab terjadinya pencemaran air meliputi penyebab alami, sampah organik, limbah pabrik yang tidak disaring, dan penggunaan bahan peledak (Jasmin, 2015).

Menurut Heikens *et al.* (2004:58-68), salah satu pencemaran air secara alami terjadi di Kecamatan Asembagus Kabupaten Situbondo. Polutan pada daerah Kecamatan Asembagus berasal dari danau asam tinggi Kawah Ijen. Daerah irigasi Asembagus merupakan kasus pertama dimana sebuah danau kawah yang bersifat asam telah diidentifikasi sebagai sumber polutan alami yang menimbulkan risiko kesehatan manusia.

Sebagian besar lahan pertanian sebesar $\pm 36 \text{ Km}^2$ menggunakan air yang diambil dari Sungai Banyuputih yang terkontaminasi dengan limbah dari danau Kawah Ijen yang berasam tinggi sebagai sumber irigasinya. Danau memiliki pH dibawah 0,3 dan mengandung $\sim 1500 \text{ mg / l F}$, sedangkan rentang air sungai di pH antara 2,5 dan 4,5 dan mengandung 5-14 mg / l F pada titik inlet irigasi. Akibat dari aliran air sungai Banyuputih yang tercemar danau Kawah Ijen menyebabkan tingginya kadar fluor pada air tanah daerah sekitar Kecamatan Asembagus. Kandungan fluor dalam air tanah di sekitar aliran sungai akan meningkat, sehingga masyarakat yang di daerah tersebut mendapatkan *intake* fluor lebih banyak dari air minum yang mereka konsumsi. Konsumsi fluor dalam air minum mempengaruhi enamel gigi apabila dalam jumlah yang sedikit dapat menghambat proses demineralisasi (pembentukan karies gigi) sedangkan dalam jumlah besar menimbulkan fluorosis gigi (Rachmawati, 2011:4). Masyarakat di Kecamatan Asembagus mayoritas mengkonsumsi air minum yang berasal dari sumur (Badan Pusat Statistik Situbondo, 2014:80). Menurut Fejerskov *et al.* (1991:30) fluorosis gigi adalah terdapatnya garis putih yang meluas pada permukaan gigi serta lebih menonjol, serta permukaan gigi tampak suram seperti kabut.

Kecamatan Asembagus merupakan salah satu daerah endemis fluorosis yang terdapat di Indonesia. Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Wijaya (2012:51-53) diketahui bahwa rata-rata kadar fluor di Kecamatan Asembagus adalah 2,55 ppm atau 2,55 mg/l. Selain itu, Wijaya juga menyatakan bahwa Desa Bantal, Desa Gudang, Desa Wringinanom, merupakan desa yang memiliki kadar fluor tertinggi di Kecamatan Asembagus. Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti pada salah satu sumur warga tanggal 27 April 2016 di Desa Gudang, didapatkan hasil bahwa air sumur tersebut mempunyai kadar fluor sebesar 2,45 mg/l. Jumlah tersebut tidak memenuhi persyaratan pada PERMENKES RI No.416/MENKES/PER/IX/1990 karena melebihi Baku Mutu Lingkungan. Batas maksimal kadar fluor pada air bersih adalah 1,5 mg/l. Dampak dari air bersih yang digunakan oleh masyarakat Kecamatan Asembagus, Kabupaten Situbondo, sebanyak 96 KK mempunyai gigi dengan warna gigi dengan noda kecoklat-coklatan tak teratur dan lekukan kecil. Hasil tersebut

berdasarkan perhitungan CFI (*Community Fluorosis Index*) yang dilakukan oleh Wijaya (2012:35&43). Efek negatif dari fluor juga dapat mempengaruhi *hippocampus* di otak, dimana *hippocampus* adalah sebagai belajar dan mengingat. Sehingga bila seseorang berlebihan mengkonsumsi air yang mengandung fluor dapat menurunkan daya ingat dan belajar seseorang tersebut (Zhang et al, 1999:142-143), kasus tersebut banyak terjadi pada usia anak-anak serta berjenis kelamin laki-laki (Paramita, 2014:34-40).

Menurut Putra *et al.* (2009:703) secara umum, penggunaan kapur dan penggunaan tawas hanya sebagai media untuk menjernihkan air, dengan jumlah tawas lebih banyak dibanding kapur guna tidak terjadi kekeruhan pada air bersih. Apabila aluminium sulfat atau tawas dan kalsium oksida atau kapur di larutkan pada air yang mengandung Fluor dalam jumlah yang tepat dapat menyebabkan flokulasi dan koagulasi. Pada keadaan tersebut, dapat menyerap fluor terlarut dan partikel padat dari air baku menjadi tersaring, hasil akhir pada proses tersebut berupa lumpur yang berwarna putih (Degremont, 2007:153-1321 dan Tebut, 2002:156). Sehingga penggunaan kapur dan tawas tidak hanya sebagai bahan penjernihan air, namun dapat sebagai bahan penurunan kadar fluor. Soerahman *et al.* (2012:372), menyatakan bahwa proses koagulasi flokulasi kapur 5 % sebanyak 5 ml dan tawas 5 % sebanyak 20 ml dengan variasi waktu pengadukan cepat selama 5, 10, 15 menit. Hasil pada penelitian Soerahman tersebut dapat menurunkan kadar Fluor dari 1,93 mg/l menjadi 0,31 mg/l. Peneliti menggunakan variasi campuran kapur konsentrasi 2% sebanyak 5 ml dan Tawas konsentrasi 2% sebanyak 20 ml untuk perlakuan pertama, campuran kapur konsentrasi 5% sebanyak 5 ml dan tawas konsentrasi 5% sebanyak 20 ml untuk perlakuan kedua, campuran kapur konsentrasi 10% sebanyak 5 ml dan tawas konsentrasi 10% sebanyak 20 ml untuk perlakuan ketiga. Setelah di campur, ketiga perlakuan tersebut dilakukan pengadukan cepat selama 15 menit, pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit.

Melihat efek buruk dari fluor terhadap kesehatan yaitu terjadinya fluorosis gigi, maka diharapkan variasi pencampuran kapur dan tawas akan mampu menurunkan kadar fluor sampai pada titik di bawah nilai Baku Mutu Lingkungan

yaitu dibawah 1,5 mg/l. Penurunan nilai kadar fluor sampai pada titik di bawah nilai Baku Mutu Lingkungan akan membuat air sumur gali di Desa Gudang, Kecamatan Asembagus, Kabupaten Situbondo dapat dipergunakan secara optimal, salah satunya sebagai air minum. Hal ini tentunya akan membuat pembangunan kesehatan terkait penyediaan air bersih dan air minum dapat terwujud. Berdasarkan latar belakang diatas yang mendasari peneliti untuk meneliti perbedaan kadar fluor pada air sumur gali setelah pemberian kapur (CaO) dan tawas ($Al_2(SO_4)_3$).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penulisan skripsi ini adalah “Apakah terdapat perbedaan kadar Fluor antara air sumur gali yang tidak diberi perlakuan dan air sumur gali di beri perlakuan pemberian campuran kapur (CaO) dan tawas ($Al_2(SO_4)_3$) dengan variasi konsentrasi 2%, 5%, 10%, dengan pengadukan cepat selama 15 menit, pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit?”

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Umum

Menganalisis perbedaan kadar fluor pada air sumur gali yang diberi perlakuan pemberian kapur (CaO) dan tawas ($Al_2(SO_4)_3$).

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Mengidentifikasi kadar Fluor pada air sumur gali yang tidak di beri kapur (CaO) dan tawas ($Al_2(SO_4)_3$) sebagai kelompok kontrol.
- b. Mengidentifikasi kadar Fluor kelompok X_1 yang diberi perlakuan pemberian variasi campuran konsentrasi kapur (CaO) 2% sebanyak 5 ml dan konsentrasi tawas ($Al_2(SO_4)_3$) 2% sebanyak 20 ml, kemudian dilakukan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu di lakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit.

- c. Mengidentifikasi kadar Fluor kelompok X₂ yang diberi perlakuan pemberian variasi campuran konsentrasi kapur (CaO) 5% sebanyak 5 ml dan konsentrasi tawas (Al₂(SO₄)₃) 5% sebanyak 20 ml, kemudian dilakukan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu dilakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit.
- d. Mengidentifikasi kadar Fluor kelompok X₃ yang diberi perlakuan pemberian variasi campuran kapur (CaO) konsentrasi 10% sebanyak 5 ml dan konsentrasi tawas (Al₂(SO₄)₃) 10% sebanyak 20 ml, kemudian dilakukan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu dilakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit.
- e. Menganalisis perbedaan kadar Fluor pada air sumur gali yang tidak diberi kapur (CaO) dan tawas (Al₂(SO₄)₃) dengan yang diberi variasi campuran konsentrasi kapur dan tawas 2%, 5%, 10%, dengan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu dilakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Dapat dijadikan sebagai bahan pengembangan ilmu di bidang kesehatan masyarakat khususnya pada bidang pengolahan sumber daya air, khususnya air sumur gali yang mengandung Fluor.

1.4.2 Manfaat Praktis

a. Bagi Dinas Kesehatan Kabupaten Situbondo

Sebagai masukan dalam upaya pencegahan penyakit fluorosis gigi yang terjadi di Kecamatan Asembagus, khususnya Desa Gudang, Desa Bantal, Desa Wringin Anom, Kabupaten Situbondo.

b. Bagi Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Situbondo

Sebagai masukan dalam upaya penyediaan air bersih yang mengandung kadar fluor sesuai Baku Mutu Lingkungan, yang diperuntukkan masyarakat

Kecamatan Asembagus, khususnya, Desa Gudang Desa Bantal, Desa Wringin Anom, Kabupaten Situbondo.

c. Bagi Masyarakat

Sebagai pengetahuan dan diterapkan oleh masyarakat, bahwa kapur dan tawas tidak hanya sebagai bahan penjernihan air, namun juga dapat sebagai bahan menurunkan kadar fluor pada air.

d. Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat

Dapat digunakan sebagai bahan bacaan terkait pengolahan air dan Pengelolaan Sumber Daya Air yang mengandung Fluor yang dapat di turunkan konsentrasinya dengan penambahan kapur dan tawas.

e. Bagi Mahasiswa

Memberi pengetahuan dan wawasan baru tentang Fluor, bahaya yang di akibatkan terlalu banyak mengkonsumsi fluor, dan pengetahuan terkait penggunaan kapur dan tawas sebagai media menurunkan kadar fluor pada air sumur gali.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Menurut PERMENKES RI No. 416 Tahun 1990, air adalah air minum, air bersih, air kolam renang, dan air pemandian umum. Sedangkan air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.

2.1.1 Jenis Air Menurut Asal Sumbernya

Air dapat dibedakan menurut asal sumbernya, yaitu:

- a. Air hujan, yaitu air yang didapatkan dari atmosfer karena terjadinya presipitasi dari awan dan atmosfer yang mengandung uap air.
- b. Air permukaan tanah, yaitu air yang berada disungai, danau, waduk, rawa dan badan air lain yang tidak mengalami infiltrasi ke dalam tanah.
- c. Air dalam tanah, yaitu air yang berada di bawah permukaan tanah yang ditentukan pada akuifer (Effendi, 2003:17-19)

2.1.2 Air Tanah

Menurut Sutrisno (1996:16-20), air tanah terbagi atas:

- a. Air tanah dangkal

Terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah disini berfungsi sebagai saringan. Disamping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada pada muka air yang dekat dengan muka tanah, setelah menemui lapisan rapat air, air akan terkumpul merupakan air tanah dangkal dimana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal. Air tanah dangkal ini terdapat pada kedalaman 15 m. Sebagai sumur air minum, air tanah

dangkal ini ditinjau dari segi kualitas sudah baik, namun ditinjau dari segi kuantitas kurang cukup dan tergantung pada musim.

b. Air tanah dalam

Terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam, tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamnya sehingga dalam suatu kedalaman (biasanya antara 100-300m) akan didapatkan suatu lapis air.

Jika tekanan air tanah besar, maka air dapat menyembur ke luar dan dalam keadaan ini, sumur ini disebut dengan sumur *artesis*. Jika air tak dapat ke luar dengan sendirinya, maka digunakanlah pompa untuk membantu pengeluaran air tanah dalam ini. Kualitas dari air tanah dalam, pada umumnya lebih baik dari air dangkal, karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri.

c. Mata air

Adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitas/kualitasnya sama dengan keadaan air dalam. Berdasarkan keluarnya (munculnya permukaan tanah) terbagi atas: rembesan (dimana air keluar dari lereng-lereng), umbul (dimana air ke luar ke permukaan pada suatu dataran).

2.1.3 Kualitas Air Bersih

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990, air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum setelah dimasak. Menurut Dainur (1995:25), ada beberapa syarat air bersih yang harus dipenuhi, yaitu sebagai berikut:

a. Syarat fisik, yaitu:

- 1) Tidak berbau
- 2) Tidak berasa
- 3) Tidak berwarna

Berdasarkan Permenkes RI No.416/Menkes/Per/IX/1990 syarat kualitas air bersih secara fisika adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Syarat Fisik Kualitas Air Bersih

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
Bau	-	-	Tidak berbau
Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/l	1500	-
Kekeruhan	Skala NTU	25	-
Rasa	-	-	Tidak berasa
Suhu	0° C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}$ C	-
Warna	Skala TCU	50	-

Sumber: Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air

b. Syarat kimia, yaitu :

- 1) Tidak boleh mengandung bahan kimia yang membahayakan kesehatan, misalnya bahan radioaktif, arsen, sianida, timbal dan lain-lain, dalam jumlah yang membahayakan kesehatan.
- 2) Mengandung beberapa bahan kimia (fluor, klor, dan lain-lain) dalam jumlah yang cukup, sesuai dengan kebutuhan kesehatan manusia, karena dalam jumlah berlebihan dapat membahayakan kesehatan. Berdasarkan Permenkes RI No.416/Menkes/Per/IX/1990 syarat kualitas air bersih secara kimia adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Syarat Kimia Kualitas Air Bersih

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
a. Kimia Anorganik			
Air raksa	mg/l	0,001	-
Arsan	mg/l	0,05	-
Besi	mg/l	1,0	-
Fluorida	mg/l	1,5	-
Kadmium	mg/l	0,005	-
Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500	-
Klorida	mg/l	600	-
Kromium, valensi 6	mg/l	0,05	-
Mangan	mg/l	0,5	-
Nitrat, sebagai N	mg/l	10	-

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
Nitrit, sebagai N	mg/l	1,0	-
pH	mg/l	6,5-9,0	Merupakan batas minimal dan maksimal. Khusus air hujan pH min 5,5
Salenium	mg/l	0,01	-
Seng	mg/l	15	-
Sianida	mg/l	0,1	-
Sulfat	mg/l	400	-
Timbal	mg/l	0,05	-
b. Kimia Organik			
Aldrin dan dieldrin	mg/l	0,0007	-
Benzene	mg/l	0,01	-
Benzo (a) pyrene	mg/l	0,00001	-
Chlorodan (total isomer)	mg/l	0,007	-
Chloroform	mg/l	0,03	-
2,4-D	mg/l	0,10	-
DDT	mg/l	0,03	-
Detergen	mg/l	0,5	-
1,2-dichloroethene	mg/l	0,01	-
1,1-dichloroethene	mg/l	0,0003	-
Heptachlor dan heptachlor epoxide	mg/l	0,003	-
Hexachlorobenzene	mg/l	0,00001	-
Gamma-HCH (lindane)	mg/l	0,004	-

Sumber: Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air

c. Syarat bakteriologis

Syarat bakteriologis untuk kualitas air bersih harus mengandung kuman penyakit dalam jumlah yang sangat minimal. Sebagai indikator bakteriologis adalah basil koli. Apabila dijumpai basil koli dalam jumlah tertentu menunjukkan air telah tercemar kotoran manusia ataupun binatang (berarti juga tercemar kuman-kuman lain dari kotoran tersebut).

Berdasarkan Permenkes RI No.416/Menkes/Per/IX/1990 syarat kualitas air bersih secara biologis adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Syarat Bakteriologis Kualitas Air Bersih

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
Total koliform	Jumlah per 100 ml	50	Bukan air perpipaan
MPN	Jumlah per 100 ml	10	Air perpipaan

Sumber: Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air

2.1.4 Pengambilan Sampel Air Tanah

Sampel air tanah dapat berupa sampel air tanah bebas dan sampel air tanah tertekan. Titik pengambilan sampel air tanah bebas ditetapkan menurut ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

- a. Sampel air sumur gali diambil pada kedalaman 20 cm dibawah permukaan air. Pengambilan sampel sebaiknya dilakukan pada pagi hari.
- b. Sampel air sumur bor dengan pompa tangan atau mesin diambil dari kran/mulut pompa (tempat keluarnya air). Pengambilan sampel dilakukan kira-kira lima menit setelah air mulai dibuang atau dikeluarkan (Effendi, 2003:20).

Titik pengambilan sampel air tanah tertekan ditetapkan menurut ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

- a. Sampel air sumur bor eksploitasi diambil pada titik yang telah ditentukan sesuai dengan keperluan eksplorasi.
- b. Sampel air sumur observasi diambil pada dasar sumur setelah air dalam sumur bor/pipa dibuang sampai habis (dikuras) sebanyak tiga kali
- c. Sampel air sumur produksi diambil pada kran/mulut pompa (tempat keluarnya air) (Effendi, 2003:20).

Pengambilan sampel air dapat dilakukan melalui langkah-langkah kerja sebagai berikut:

- a. Alat pengambilan sampel disiapkan sesuai dengan keadaan sumber air.
- b. Alat-alat tersebut dibilas sebanyak tiga kali dengan sampel air yang akan diambil.

- c. Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan keperluan pemeriksaan sampel.
- d. Jika pengambilan sampel dilakukan pada beberapa titik, maka volume sampel dari setiap titik harus sama. Pengambilan sampel menggunakan wadah yang baru. Jika terpaksa menggunakan wadah bekas, maka wadah diperlakukan dengan perlakuan tertentu terlebih dahulu sehingga dapat menjamin bahwa wadah tersebut bebas dari pengaruh sampel sebelumnya. Wadah atau peralatan yang dapat bereaksi dengan limbah cair harus dihindarkan, misalnya wadah atau peralatan yang terbuat dari logam yang dapat mengalami korosi oleh air yang bersifat asam.
- e. Sampel yang didapat kemudian diperiksa menggunakan *spectrofotometer* di laboratorium (Effendi, 2003:20-21).

2.1.5 Pengawetan dan Penyimpanan Sampel Air Tanah untuk Pemeriksaan Fluor

Sampel air untuk pemeriksaan kadar fluor dapat disimpan dalam wadah plastik yang terbuat dari polietilen atau sejenisnya dan disimpan, tanpa dilakukan pengawetan. Lama penyimpanan maksimum yang dianjurkan sampai dengan 28 hari (SNI 6989.58, 2008:13-16).

2.2 Pencemaran Air

Menurut Undang-Undang No. 32 Tahun 2009, pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia atau proses alam. Pencemaran mengakibatkan kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu sehingga menyebabkan lingkungan hidup tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya dan melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Amir *et al.* (1998:15) menyatakan bahwa sumber pencemaran dapat berasal dari pertanian, pertambangan, debu, industri. Air yang tercemar adalah air yang mengandung bahan-bahan asing tertentu dalam jumlah melebihi baku mutu lingkungan. Air yang tercemar tidak dapat digunakan secara normal untuk keperluan tertentu seperti minum, mandi, atau rekreasi (Fardiaz, 1992:20).

Pencemaran memiliki beberapa komponen pokok yakni terdapat bahan berbahaya yang berasal dari manusia, lingkungan hidup manusia, dan manusia yang terkena dampak dari bahan berbahaya. Pencemaran disebabkan oleh bahan dalam konsentrasi yang besar berada dalam lingkungan fisik, biologi, dan sosial manusia. Bahan atau *pollutan* berasal dari kehidupan manusia dan merugikan manusia sendiri (Amsyari, 1986:50). Pengujian kualitas air diperlukan untuk mengetahui air tercemar atau tidak. Sifat-sifat air yang umum diuji dan dapat digunakan untuk menentukan tingkat cemaran air misal nilai pH, keasaman, alkalinitas, suhu, warna, bau, rasa, jumlah padatan, nilai BOD/COD, mikroorganisme patogen, kandungan minyak, kandungan logam berat, dan kandungan bahan radioaktif (Fardiaz, 1992:21).

2.3 Fluor

2.3.1 Sifat Kimia Fluor

Fluoride biasa disebut *fluorine*, merupakan elemen kimia yang bersifat sangat elektronegatif di antara semua elemen-elemen kimia. Oleh karena itu tidak pernah ditemukan dalam bentuk elemen bebas. Pada umumnya fluor bersamaan dengan elemen lain dalam bentuk garam-garam *fluoride* (Agtini et al, 2005:25). Fluor (F) merupakan salah satu unsur yang melimpah pada kerak bumi. Unsur ini ditemukan dalam bentuk ion *fluoride* (F^-). Fluor yang berikatan dengan kation monovalen, misalnya NaF, AgF, dan KF bersifat mudah larut, sedangkan fluor yang berikatan dengan kation divalent, misalnya CaF_2 dan PbF_2 , bersifat tidak larut dalam air (Effendi, 2003:174).

2.3.2 Sumber Fluor

Perairan alami biasanya memiliki kadar *fluoride* kurang dari 0,2 mg/l. Air tanah dalam memiliki kadar *fluoride* mencapai 10 mg/l, pada perairan laut sekitar 1,3 mg/l (McNeely et al dalam Effendi, 2003:174). Perairan yang diperuntukkan bagi air minum sebaiknya memiliki kadar *fluoride* 0,7-1,2 mg/l (Davis dan Cornwell dalam Effendi, 2003:174-175).

Menurut Agtini *et al.* (2005:28-29) sumber keberadaan fluor terdapat pada:

a. Fluor di *Lithosphere*

Didunia fluor tersedia dalam jumlah yang sangat besar. Sebagian besar terikat pada mineral dan senyawa kimia lainnya dan secara biologis tidak terdapat dalam bentuk ion bebas. Pada bukit kapur terdapat 300-700 ppm fluor dan 4700 ppm pada beberapa bukit kapur yang lunak. Air dengan kandungan fluor tinggi biasanya ditemukan di kaki gunung dan di daerah yang secara geologis terdiri dari endapan yang berasal dari laut.

b. Fluor dalam Air

Semua air mengandung fluor dalam konsentrasi yang berbeda-beda. Air laut mempunyai kandungan fluor dengan konsentrasi 0,814 mg/liter. Kadar fluor dalam air yang berasal dari danau, sungai, atau sumur buatan adalah di bawah 0,5 mg/liter. Adanya perbedaan kadar fluor yang bervariasi tersebut, kelihatannya sebagai akibat perbedaan keadaan *hidrogeologis* setempat.

Fluor dapat memasuki air tanah, oleh karena itu air sumur dapat dimungkinkan merupakan sumber fluor yang cukup tinggi. Bentuk umum geologis bukan merupakan indikator bagi konsentrasi fluor dalam tanah. Ada perbedaan yang bermakna pada distribusi batu-batuan yang dengan mudah melepaskan fluor. Setelah diamati terlihat bahwa pada sebuah desa yang sama, sumur yang berbeda sering menunjukkan perbedaan kadar fluor yang sangat berlainan satu sama lain, kelihatannya sebagai akibat perbedaan keadaan hidrogeologis setempat. Konsentrasi fluor pada air tanah umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi fluor pada air permukaan oleh karena adanya interaksi antara air dan batuan. Fluor dalam air tanah utamanya terjadi karena hancuran iklim yang mengakibatkan larutan mineral pada batu-batuan ke dalam air (Pauwels, 2007:68-72).

c. Fluor di Udara/Polusi

Polusi fluor pada lingkungan dapat terjadi akibat fluor yang berasal dari pertambangan, pembuangan limbah oleh industri, pembakaran batu bara, pupuk, dan pestisida yang tidak disertai perlindungan. Sumber utama polusi adalah industri dan pertambangan. Sebagai contoh sembilan puluh persen sampel udara

yang diambil dari sebuah kota di Republik Federasi Jerman pada tahun 1965, mengandung fluor 0,5-3,8 mg/m³. Banyak masalah yang muncul pada daerah pertambangan *phospat* dan *fluorospa*, bilamana debu yang kaya akan fluor tertiuip angin akan menempel pada tanaman dan selanjutnya dapat memasuki rantai tanaman.

d. Fluor yang terdapat dalam makanan dan minuman

Kandungan fluor pada makanan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dipengaruhi oleh konsentrasi fluor dalam air yang terdapat di tempat tumbuhnya tanaman tersebut, misalnya dalam kentang, kapri, tomat, jeruk, apel, strawberi terdapat 0,1 mg per kilogram. Kandungan fluor pada makanan dan minuman yang diolah, juga dipengaruhi oleh konsentrasi fluor air yang digunakan pada saat pengolahan.

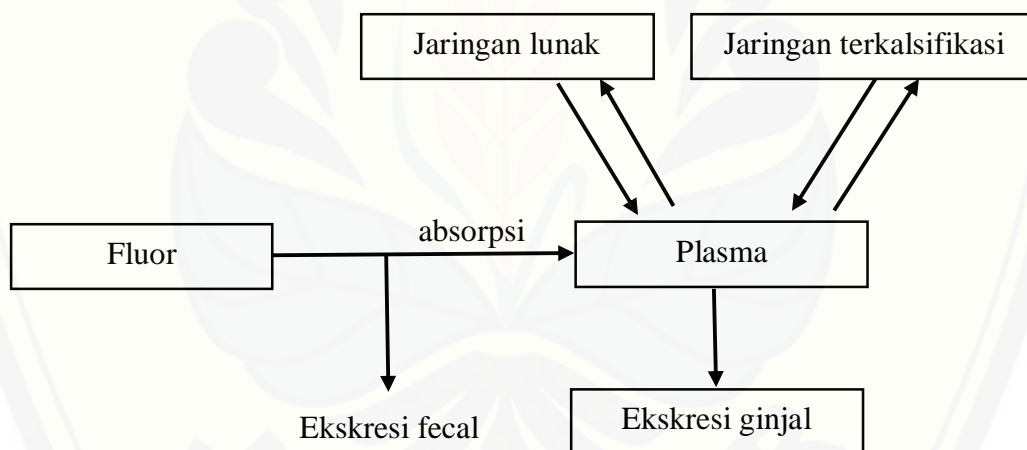
e. Fluor pada penyulingan dan Instansi Penjernihan Air Minum Rumah Tangga

Kegiatan industri tertentu dapat meningkatkan kandungan fluor pada mata rantai pengolahan makanan. Proses lainnya seperti penyulingan dapat menurunkan kandungan fluor dalam makanan.

2.3.3 Metabolisme Fluor

Pemasukan *fluoride* pada tubuh manusia dapat melalui sistem pencernaan, sistem pernapasan maupun kontak langsung dengan kulit, akan tetapi pemasukan *fluoride* yang terbanyak adalah melalui sistem pencernaan. Setelah sampai di saluran cerna, fluor dalam makanan diserap masuk ke dalam plasma darah dan dari plasma berdifusi keseluruh jaringan tubuh. Kadar fluor dalam plasma biasanya mencapai puncaknya dalam waktu 30 menit sampai 60 menit, sesudah makanan masuk. Jaringan yang paling banyak menerima fluor adalah tulang dan ginjal seperti dinyatakan dalam anak panah pada gambar 2.1. Pada umumnya sebagian fluor yang masuk disimpan dalam tulang, sedangkan sebagian lain dikeluarkan lewat ginjal. Kedua proses ini menjaga agar fluor dalam plasma tidak melonjak terlalu tinggi, dan kedua mekanisme ini terjadi dengan cepat. Gambar 2.1 menunjukkan bahwa fluor tidak di tahan di jaringan lunak, kecuali bila terdapat kalsifikasi ektopik. Biasanya fluor yang dikonsumsi dalam jumlah kecil

dapat disimpan dalam tulang dan dikeluarkan dengan sempurna lewat urin dalam waktu 24 jam. Banyaknya fluor yang dihilangkan dari plasma oleh kedua proses tersebut (gambar 2.1) bervariasi tergantung pada kematangan tulang. Orang dewasa dengan pertumbuhan tulang minimal hanya 10% fluor yang disimpan dalam tulang, sedangkan pada anak yang sedang tumbuh mungkin lebih besar dari 50% fluor yang masuk ke dalam tulang. Pemberian fluor pada seorang anak dan seorang dewasa yang mendapatkan dosis fluor yang setara sesuai dengan berat badan masing-masing, maka akan lebih mampu menangkal akibat kemasukan fluor. Hal itu disebabkan tulang anak lebih banyak mengambil fluor sehingga beban ginjal tidak terlampaui berat. Tubuh itu sendiri dapat mengatur fluor dengan efisien, kadar fluor yang tinggi dalam plasma biasanya bersifat sementara dan akan kembali ke nilai fisiologik, dalam waktu kira-kira 6 jam kecuali bila ada dosis fluor yang sangat tinggi (Mulyono dan Andajani, 1993).

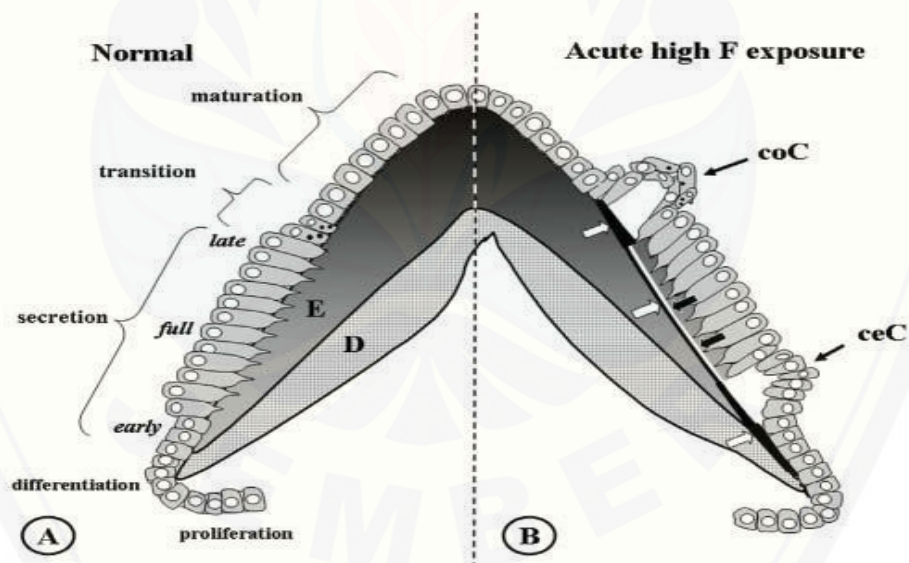


Gambar 2. 1 Absorpsi, Distribusi, dan Eliminasi Fluor dari Tubuh

(Sumber: Mulyono dan Andajani, 1993)

Saat ini, mekanisme molekuler terhadap terjadinya fluorosis gigi masih belum diketahui dengan pasti, namun diketahui bahwa enamel yang terpapar *fluoride* berlebihan memiliki kandungan protein yang lebih banyak sehingga enamel lebih lunak dibandingkan yang tidak terpapar fluorida (Sierrant dan Bartlett, 2012:631-645). Berbagai mekanisme termasuk bagaimana fluorida secara langsung berdampak pada *ameloblast* dan fluorida secara tidak langsung

berdampak pada pembentukan matriks dapat menyebabkan terjadinya fluorosis pada gigi tergantung pada dosis dan paparan fluorida. Diperkirakan efek utama fluorida adalah stimulasi pada pembentukan kristal, menghasilkan proton yang berlebih. Efektivitas *buffering* saat fluorida menginduksi keasaman matriks enamel memodulasi perubahan *fluorotic* saat pembentukan enamel. Proses maturasi enamel merupakan hal yang paling sensitif terhadap terjadinya paparan kronik fluorida dalam tingkat rendah. Karakteristik pada tahap ini adalah perkembangan di bawah permukaan enamel yang sangat porus dan mengalami hipomineralisasi, dimana ini akan semakin dalam dengan meningkatnya asupan fluorida. Secara klinis terlihat pada area *opaque* berwarna putih. Perubahan ini terpisah dari efek fluorida dalam tahap sebelumnya dan dapat ditemukan saat fluorida terdapat selama proses maturasi. Dibawah ini adalah skema pembentukan enamel pada gigi normal dan gigi yang mengalami fluorosis (Bronckers et al,2009:877-893).



Gambar 2. 2 Proses Amelogenesis Normal (A) dan Proses Amelogenesis 24 Jam Setelah Terpapar *Flouride* (B). (Sumber: Bronckers et al, 2009:877-893)

Penjelasan dari gambar 2.2 sebagai berikut: Point (A) Gambaran sistematis normal amelogenesis. Peningkatan zona berwarna abu-abu pada enamel menunjukkan komposisi mineral. Tahap selanjutnya dari perkembangan berturut-

turut dari bawah ke atas. Enamel aprismatik dengan kristal-kristal kecil dihasilkan saat *ameloblast* terhadap awal tahap lanjut. Sebagian besar lapisan enamel (dalam prisma enamel terdiri atas kristal berukuran besar dan terdeposit oleh *fully differentiated ameloblast*. Pont (B) Amelogenesis setelah 24 jam terpapar *fluoride* dapat menginduksi lapisan dalam dimana lapisan ini merupakan lapisan hipomineralisasi. Dua area hipomineralisasi terbentuk pada kedua lapisan diatas. Satu bagian pada enamel dentino yang satunya pada enamel yang berikatan dengan lapisan luar enamel aprismatik dibawah *ameloblast* yang disekrestori pada tahap akhir dan fase transisional. Pembentukan *cyst* terbentuk hanya pada kelompok transisional *ameloblast*. Keseluruhan fase sekresi *ameloblast* berlangsung setelah 24 jam hanya dari respon ganda yang dapat membentuk proses ini (Bronckers et al, 2009:883). Terpaparnya *fluoride* dalam waktu yang lama selama pembentukan enamel mengakibatkan perubahan-perubahan klinik sebagai berikut; mulai timbulnya garis putih yang kecil pada enamel sampai dengan yang parah yaitu enamel menjadi putih seperti kapur dan opaque, dan mungkin sebagian patah segera sesudah gigi erupsi (Fejerskov et al., 1991:27).

Pada kondisi konsentrasi fluorida tinggi yang disertai *iodine* rendah terjadi efek campuran pada populasi di area endemis, dimana tampak gangguan perkembangan yang semestinya pada rahim saat ibu hamil akibat *intake* fluorida sampai ke fetus melalui plasenta serta *intake* fluorida pada masa anak-anak selama tinggal di wilayah dengan kadar fluorida tinggi. Salah satu atau keduanya dapat mengarahkan pada terjadinya kerusakan neuron, gangguan tumbuh kembang ataupun disfungsi *neurotransmitter* (Siddiqui, 1970). Kelarutan fluorida pada ibu hamil akan melewati *placenta barrier* menuju *fetus*, dan dari sini kemudian melewati *blood-brain* berakumulasi dalam sel-sel otak fetus, mengarah pada terjadinya peningkatan level fluorida secara signifikan pada tulang dan otak (Yu et al, 2008:134-138).

Pada kasus keracunan akut minor, gejalanya adalah timbul saliva yang banyak, muntah, diare. Pada kasus overdosis berat, kematian dapat terjadi dalam 24 jam karena timbulnya gagal jantung dan gagal napas (Kidd et al, 1991:117). Efek negatif dari fluor juga dapat mempengaruhi *hippocampus* di otak,

dimana *hippocampus* adalah sebagai belajar dan mengingat. Sehingga bila seseorang berlebihan mengkonsumsi air yang mengandung fluor dapat menurunkan daya ingat dan belajar seseorang tersebut (Zhang et al, 1999:142-143). Pada 10-18 minggu pertama setelah kelahiran sel-sel otak manusia membelah secara pesat; adanya kelebihan konsentrasi fluorida menyebabkan efek toksik yang mengganggu metabolisme enzim aktif, sehingga menghambat produksi protein pembentuk sel dan sintesis asam nukleat sehingga mempengaruhi struktur dan ultra struktur membran sel yang pada akhirnya menyebabkan kerusakan sel saraf dengan berbagai derajat keparahan (Hong et al, 2008). Paparan fluor dengan kadar yang tinggi pada anak-anak juga dapat menyebabkan risiko gangguan perkembangan kecerdasan anak (Lu et al. 2000:74).

2.3.4 Efek Toksik dari Fluor

Menurut Budipramana *et al.* (2002:415-422) fluorida juga sama seperti unsur-unsur lain yang sangat penting dalam kesehatan misalnya garam, zat besi, vitamin A. Fluorida pun dapat berbahaya jika berlebihan. Apabila pemakaian fluorida tidak terkontrol dan tidak disiplin, maka dapat menyebabkan kerusakan gigi. Contohnya adalah fluorosis. Fejerskov *et al.* (1991:27) menyatakan bahwa penggunaan *fluoride* dalam waktu yang lama selama pembentukan enamel mengakibatkan perubahan-perubahan klinik sebagai berikut; mulai timbulnya garis putih yang kecil pada enamel sampai dengan yang parah yaitu enamel menjadi putih seperti kapur dan opaque, dan mungkin sebagian patah segera sesudah gigi erupsi.

Ion *fluoride* menggantikan *hidroksil* di dalam *hidroksil apatit* sehingga gigi dan tulang menjadi lebih kuat dan tidak mudah patah/mengalami keropos, fluorida ditambahkan ke dalam air minum dalam konsentrasi 1 ppm (Malau, 2005:15-21). Pada kasus keracunan akut minor, gejalanya adalah timbul saliva yang banyak, nausea, muntah, dan diare. Pada kasus overdosis berat, kematian dapat terjadi dalam 24 jam karena timbulnya gagal jantung dan gagal napas (Kidd et al, 1991:117).

2.4 Fluorosis Gigi

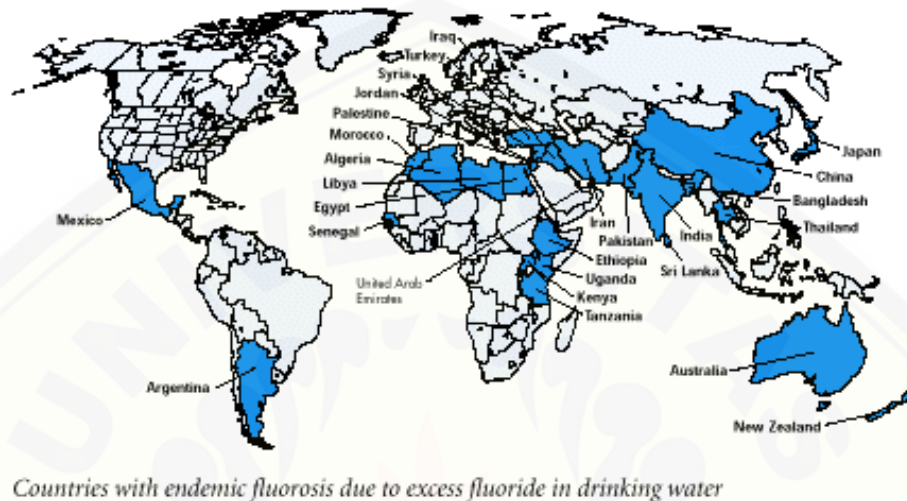
Fluorosis gigi adalah gangguan perkembangan enamel gigi yang disebabkan paparan berlebih *fluoride* melebihi dosis optimal sebanyak 1 ppm selama periode pembentukan gigi, secara mikroskopik mengarah pada terbentuknya enamel dengan komposisi mineral yang rendah fluorosis telah tersebar (secara endemik) di 25 negara, dengan perkiraan penduduk yang terkena sebanyak 10 juta. Tercatat bahwa fluorosis banyak dijumpai di India, Mexico, dan Cina (terutama bagian tengah dan barat). Pada tahun 1993, diketahui bahwa 15 dari 32 negara bagian India diidentifikasi mengalami fluorosis endemic (Yadav et al., 2012:30-33).

Fluorosis gigi merupakan suatu *dose-respon condition*, sehingga asupan tinggi selama periode kritis perkembangan gigi akan memperparah fluorosis gigi yang terjadi (Budipramana et al. 2002:415-422). Masa perkembangan enamel yang paling rawan terhadap asupan *fluoride* adalah tahapan transisional, yang terjadi antara tahap sekresi akhir dan awal maturasi. Di usia sekitar 18 bulan hingga 3 tahun, gigi insisif sentral dan lateral yang memiliki fungsi estetik memiliki periode dengan resiko yang terbesar, usia 20-26 bulan selama pembentukan 8 gigi anterior, dan hingga usia 5 tahun dari kelahiran (Nanci, 2008:16).

2.5 Daerah Endemik Fluorosis

Fluorida dilepas dalam lingkungan melalui kombinasi proses alami dan *anthropogenic*, sehingga menyebabkan konsentrasinya dalam lingkungan bervariasi. Proses alami termasuk pelapukan karena faktor cuaca dan kelarutan mineral yang kaya fluorida, emisi gunung berapi, aktivitas panas bumi, dan aerosol laut. Kadar fluorida pada air di permukaan tergantung pada lokasi geografis dan kedekatan dengan sumber emisi namun umumnya rendah, berkisar 0,01-0,3 mg/l pada air tawar dan 1,2-1,5 mg/l dalam air laut. Namun, konsentrasi fluorida yang tinggi (3 mg/l atau lebih), dapat terjadi dalam air tanah di banyak wilayah geografis pada bebatuan yang kaya akan fluorida. Daerah ini termasuk sistem *East African Rift* (dari Yordania di Afrika utara ke Kenya dan Tanzania di Afrika Timur), Timur Tengah (Iran, Irak, Suriah), daratan India (India, Pakistan,

Sri Lanka), sebagian Amerika Serikat, Cina, Argentina, dan beberapa wilayah Eropa Tengah (Agalakova & Gusev, 2012:1). Berikut ini peta sebaran daerah endemis fluorosis di dunia.



Gambar 2. 3 Sebaran Daerah Endemic Fluorosis (Sumber : UNICEF, 2015)

Prevalensi fluorosis gigi dikaitkan dengan konsentrasi fluorida dalam air minum. Studi geologi mengidentifikasi asal mula fluorida dalam air tanah yakni dari akuifer karst-celah yang berasal dari hancurnya fluorida yang ditemukan pada batu berkapur. Seiring waktu, kontak antara air dan batu (sebagian akibat dari curah hujan lokal rendah) diyakini bertanggung jawab atas peningkatan konsentrasi fluorida, jika diamati dari lokasi yang berbeda pada suatu daerah, terutama pada lokasi pembuangan akuifer (Ferreira et al, 2010:3124).

Iklm memiliki pengaruh yang signifikan terhadap konsentrasi fluorida dalam air minum, kadar fluorida meningkat setelah terkumpul menjadi satu dan menurun, karena hasil proses dilusi setelah hujan yang sangat lebat. Kadar *fluoride* optimal 1 ppm tersebut berlaku pada arah geografik beriklim dingin, sedangkan pada daerah geografik beriklim panas sulit untuk menentukan kadar fluorida yang optimal (Rai, 1980 dan Santoso, 1990).

Sebagian besar fluorida terkandung pada air minum, dengan demikian fluorida dapat diperoleh melalui sumber-sumber air minum. Fluorida banyak didapatkan pada jaringan keras, diantaranya tulang dan gigi. Lapisan enamel yang

paling luar mempunyai konsentrasi fluorida yang sangat tinggi, sepuluh kali konsentrasi fluorida secara keseluruhan dalam lapisan sebelah dalam enamel. Fluorida mempunyai pengaruh yang penting dalam mencegah penyakit karies gigi yang luas penyebarannya (Santoso, 1990).

Fluorida yang terdapat dalam air minum, terbukti dapat menghambat terjadinya karies gigi, namun konsumsi berlebihan selama periode remineralisasi akan mengakibatkan terjadinya fluorosis gigi. Dosis optimal fluorida yang digunakan untuk pencegahan karies gigi tanpa menimbulkan terjadinya fluorosis gigi, tidak diketahui secara akurat. Hasil laporan dari anggota pakar WHO mengenai status kesehatan mulut saat penggunaan fluorida menyimpulkan bahwa fluoridasi air minum dalam suatu wilayah aman dan konsentrasi optimum fluorida antara 0,5-1,0 mg/l (Paramita, 2014:14).

2.6 Pengolahan Air

Menurut Kusnaedi (2002:13) pengolahan air bersih meliputi beberapa cara yaitu:

2.6.1 Pengolahan Air Secara Fisika

a. Filtrasi (penyaringan)

Penyaringan merupakan proses pemisahan antara padatan atau koloid dengan cairan. Bahan padatan pada umumnya dapat dilihat langsung terapung seperti potongan kayu atau potongan sayuran. Bahan padatan berupa logam, tulang, bulu, atau daun dapat disaring secara kasar atau sedang melalui proses awal. Apabila air olahan yang akan disaring berupa cairan yang mengandung butiran halus atau bahan-bahan yang larut maka sebelum proses penyaringan sebaiknya dilakukan proses koagulasi atau netralisasi yang menghasilkan endapan. Dengan demikian, bahan-bahan tersebut dapat dipisahkan dari cairan melalui filtrasi.

b. Sedimentasi (pengendapan)

Sedimentasi merupakan proses pengendapan bahan padat dari air olahan. Proses sedimentasi bisa terjadi bila bahan padat terlarut mempunyai berat jenis lebih besar daripada air sehingga mudah tenggelam. Proses pengendapan ada yang

bisa terjadi langsung, tetapi ada pula yang memerlukan proses pendahuluan seperti koagulasi atau reaksi kimia. Prinsip sedimentasi adalah pemisahan bagian di padat dengan memanfaatkan gaya gravitasi sehingga bagian yang padat berada dasar kolam pengendapan sedangkan air murni terdapat pada bagian di atas.

c. Absorpsi dan adsorpsi

Absorpsi merupakan proses penyerapan bahan-bahan tertentu. Sistem ini efektif untuk mengurangi warna serta menghilangkan bau dan rasa. Proses kerja penyerapan (absorpsi) yaitu penyerapan ion-ion bebas didalam air yang dilakukan oleh absorben. Sebagai contoh yaitu penyerapan ion oleh karbon aktif. Adsorpsi merupakan penangkapan atau pengikatan ion-ion bebas di dalam air oleh adsorben. Contoh zat yang digunakan untuk proses adsorpsi adalah zeolit dan resin yang merupakan polimerisasi dari polihidrik fenol dengan formaldehid.

d. Elektrodialisis

Elektrodialisis merupakan proses pemisahan ion-ion yang larut di dalam air limbah dengan memberikan dua kutub listrik yang berlawanan dari arus searah (DC). Ion positif akan bergerak ke kutub negatif (katoda), sedangkan ion negatif akan bergerak ke kutub positif (anoda). Pada kutub positif (anoda), ion negatif akan melepaskan elektronnya sehingga menjadi molekul yang berbentuk gas ataupun padat yang tidak larut dalam air. Hal ini memungkinkan terjadinya pengendapan.

2.6.2 Pengolahan Air Secara Kimia

a. Koagulasi-Flokulasi

Menurut SNI 19-6449-2000, koagulasi adalah proses pembubuhan bahan kimia (koagulan) ke dalam air yang akan di olah. Flokulasi adalah proses penggumpalan bahan terlarut, koloid, dan yang tidak dapat mengendap dalam air. Koagulasi-flokulasi merupakan dua proses yang terangkai menjadi kesatuan proses tak terpisahkan. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid, dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan

positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan dari proses penguraian koagulan. Proses ini berlanjut dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel (misal OH^-) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca^{2+}) dengan ion negatif dari koagulan (misal SO_4^{2-}) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat). Proses koagulasi-flokulasi terjadi pada unit pengaduk cepat dan pengaduk lambat. Pada bak pengaduk cepat, dibubuhkan koagulan. Pada bak pengaduk lambat, terjadi pembentukan flok yang berukuran besar hingga mudah diendapkan pada bak sedimentasi. Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan studi laboratorium menggunakan jar test apparatus untuk mendapatkan kondisi optimum. (Masduqi et al, 2012: Bab 5, hal. 2-3).

Koagulan-flokulasi yang digunakan adalah kapur (CaO) dan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), pertimbangannya karena garam Ca, Fe, dan Al bersifat tidak larut dalam air, sehingga mampu mengendap bila bertemu dengan sisa-sisa basa. Dari hasil reaksi koagulan itu selanjutnya endapan dipisahkan melalui filtrasi maupun sedimentasi. Banyaknya koagulan tergantung pada jenis dan konsentrasi ion-ion yang larut dalam air olahan serta konsentrasi yang diharapkan sesuai dengan standar baku.

Menurut SNI 19-6449-2000, berikut ini adalah prosedur penggunaan pengujian koagulasi-flokulasi dengan cara jar:

1. Masukkan volume contoh uji yang sama (1000 ml) ke dalam masing-masing gelas kimia. Contoh sesuai dengan jumlah pengaduk multi posisi. Tempatkan gelas hingga baling-baling pengaduk berada 6,4 mm dari dinding gelas.
2. Letakkan bahan (kimia) uji pada pereaksi, gunakan satu rak untuk seri bahan uji yang akan ditambahkan, isi tabung dalam rak sampai volume 10 ml sebelum digunakan. Terdapat kemungkinan di mana diperlukan volume pereaksi yang lebih besar, untuk hal tersebut isi seluruh tabung dengan air sampai mencapai volume pereaksi terbesar dalam rak.
3. Operasikan pengaduk multi posisi pada pengadukan cepat dengan kecepatan kira-kira 120 RPM. Tambahkan larutan atau suspensi pada setiap penentuan

dosis yang telah ditentukan sebelumnya. Pengadukan kira-kira selama 1 menit setelah penambahan kimia. Catat waktu dan kecepatan pencampuran (RPM)

4. Kurangi kecepatan sampai pada kecepatan minimal, untuk menjaga keseragaman partikel flok yang terlarut melalui pengadukan lambat selama 20 menit. Catat waktu pembentukan flok yang pertama kali setiap 5 menit selama pengadukan lambat. Catat ukuran flok relatif dan kecepatan pencampuran (RPM). Bila koagulan pembantu dipakai, kecepatan pencampuran dalam kondisi kritis karena kecenderungan akan memecah pada pembentukan awal flok, penambahan koagulan pembantu akan gagal.
5. Setelah pengadukan lambat selesai, angkat baling-baling dan lihat pengendapan partikel flok. Catat waktu yang dibutuhkan untuk pengendapan gumpalan partikel. Pencatatan dimulai pada saat air dalam keadaan diam.
6. Setelah 15 menit pengendapan, catat bentuk flok pada dasar gelas dan catat temperatur contoh uji. Dengan menggunakan pipet atau siphon, keluarkan sejumlah cairan supernatant yang sesuai sebagai contoh uji untuk penentuan warna, kekeruhan, pH, dan analisis lainnya.
7. Ulangi langkah butir 1 sampai 6 sampai semua variabel penentu terevaluasi.
8. Waktu yang diberikan pada butir 3, 4, dan 6 sesuai kebutuhan dan tidak mengikat.

b. Aerasi

Aerasi merupakan suatu sistem oksigenasi melalui penangkapan oksigen dari udara pada air olahan yang akan diproses. Pemasukan oksigen ini bertujuan agar oksigen di udara dapat bereaksi dengan kation yang ada di dalam air olahan. Reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksidasi logam yang sukar larut dalam air sehingga dapat mengendap.

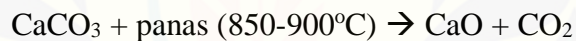
2.6.3 Pengolahan Air secara Biologi

Upaya memperbaiki mikrobiologi air yang paling konvensional adalah dengan cara mematikan mikroorganisme. Proses ini bisa dilakukan sekaligus dengan proses koagulasi ataupun melalui praktik sederhana dengan cara mendidihkan air hingga mencapai suhu 100°C.

2.7 Kapur

Batu kapur (Gamping) dapat terjadi dengan beberapa cara, yaitu secara organik, secara mekanik, atau secara kimia. Sebagian besar batu kapur yang terdapat di alam terjadi secara organik, jenis ini berasal dari pengendapan cangkang/rumah kerang dan siput, *foraminifers* atau ganggang, atau berasal dari kerangka binatang koral/kerang. Batu kapur dapat berwarna putih susu, abu muda, abu tua, coklat bahkan hitam, tergantung keberadaan mineral pengotornya. Penggunaan batu kapur sudah beragam diantaranya untuk bahan kapton, bahan campuran bangunan, industri karet dan ban, kertas, dan lain-lain (ESDM, 2015).

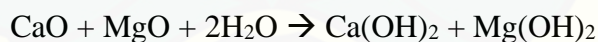
Kalsium oksida dapat dibentuk dari kalsium karbonat (CaCO_3) yang dibakar pada temperatur 850-900°C dalam suatu aliran udara. Dimana pada pembakaran itu akan membebaskan asam karbonik dan menghasilkan kalsium oksida (CaO). Jika bersinggungan dengan air, volumenya mengembang dan berubah menjadi kalsium terhidrat atau kalsium hidroksida (Ca(OH)_2). Reaksi pembentukan kalsium oksida adalah sebagai berikut:



atau



Pembentukan kapur tembok (kapur hidroksida) adalah melalui reaksi:



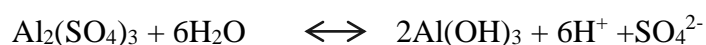
Kemurnian kapur tembok ini sekitar 95-96% dan mudah sekali mengkarbonat mengikuti reaksi:



Pengkarbonatan ini terjadi jika bahan kapur tembok dibiarkan terbuka dalam udara lembab (Purwowidodo, 1993:115).

2.8 Tawas

Tawas mempunyai rumus kimia $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Tawas digunakan untuk menjernihkan air pada pengolahan air minum. Hidroksida atom Al dalam air menurut reaksi umum adalah sebagai berikut :

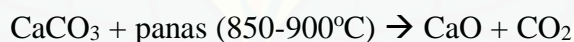


Reaksi ini menyebabkan pembebasan ion H^+ , sehingga pH larutan berkurang. Akibat efek pengasaman ini, maka proses koagulasi tidak dapat berlangsung dengan baik dalam air yang mengandung kadar Al tinggi, karena pH terlalu rendah, sedangkan untuk membentuk $Al(OH)_3$ dibutuhkan pH 6 sampai 8. Asam dinetralkan kalau kapasitas buffer yakni alkalinitas dalam air cukup tinggi. Pada proses koagulasi selain zat padat berupa partikel dan koloid tersebut, juga warna ($pH < 7$) dan sedikit fosfat dan logam terlarut terbawa dan diendapkan oleh flok-flok $Al(OH)_3$ (Alaert & Santika, 1984:87).

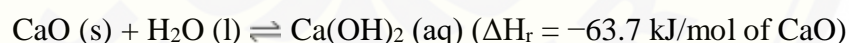
2.9 Metode Penurunan Kadar Fluor

Salah satu contoh teknologi pengolahan alternatif yang juga tergolong teknologi tepat guna (*Apprhopriate Technology*) adalah teknologi pengolahan air badan air yang tercemar fluor dalam konsentrasi tinggi dengan mempergunakan cara koagulasi flokulasi kimiawi (Japerson, 1987 dalam Soerahman et al, 2012:20).

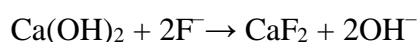
Apabila kalsium karbonat ($CaCO_3$) dibakar pada temperatur 850-900°C akan terbentuk kalsium oksida, pada pembakaran itu akan membebaskan asam karbonik dan menghasilkan kalsium oksida (CaO).



Apabila kalsium oksida atau (CaO) dilarutkan dalam air, maka akan terbentuk kalsium hidroksida.



Menurut Degreemont (2007:169), larutan kalsium hidroksida bila direaksikan dengan air yang mengandung fluor maka akan terbentuk flok calsium fluorida, sehingga fluor tersebut dapat mengendap.



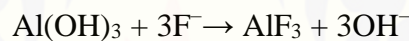
Sumber : Meenakshi & Maheshwari, 2006.

Senyawa $Al_2(SO_4)_3$ disebut juga tawas, dan tawas tersebut merupakan bahan koagulan yang paling banyak digunakan. Selain itu tawas juga cukup efektif untuk menurunkan kadar fluor. Menurut Degremont (2007:1321),

pemakaian tawas yang semakin banyak, pH makin turun karena hasilnya asam sulfat, sehingga perlu dicari dosis tawas optimum yang harus ditambahkan. Menurut Alaert & Santika (1984:87), hidrosa atom Al dalam air menurut reaksi umum adalah sebagai berikut :



Apabila tawas ditambahkan ke dalam air, pada dasarnya dua reaksi terjadi. Dalam reaksi pertama, tawas bereaksi dengan beberapa alkalinitas untuk menghasilkan larutan aluminium hidroksida ($\text{Al}(\text{OH})_3$). Dalam reaksi kedua, apabila tawas dalam bentuk aluminium hidroksida bereaksi dengan ion *fluoride* di dalam air, maka aluminium mengikat fluor (Meenakshi & Maheshwari, 2006:460). Reaksi antara aluminium hidroksida dengan fluor dapat di jelaskan sebagai berikut :

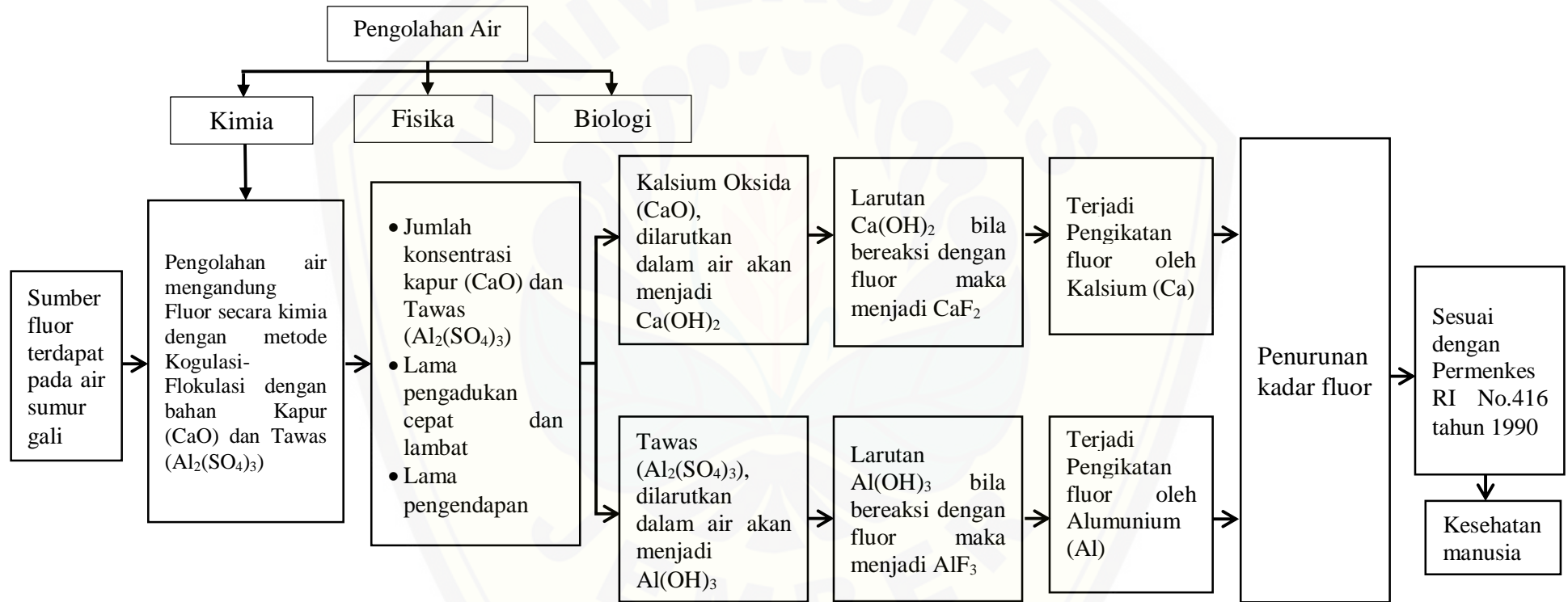


Sumber : Shimelis *et al*, 2006

Akibat dari reaksi tersebut, kadar fluor menjadi menurun akibat aluminium mengikat fluor.

2.10 Kerangka Teori

Kerangka teori adalah kemampuan seorang peneliti dalam mengaplikasikan pola berpikirnya dalam menyusun secara sistematis teori-teori yang mendukung permasalahan penelitian (Khoiri et al, 2015:16). Kerangka teori di gambarkan sebagai berikut:

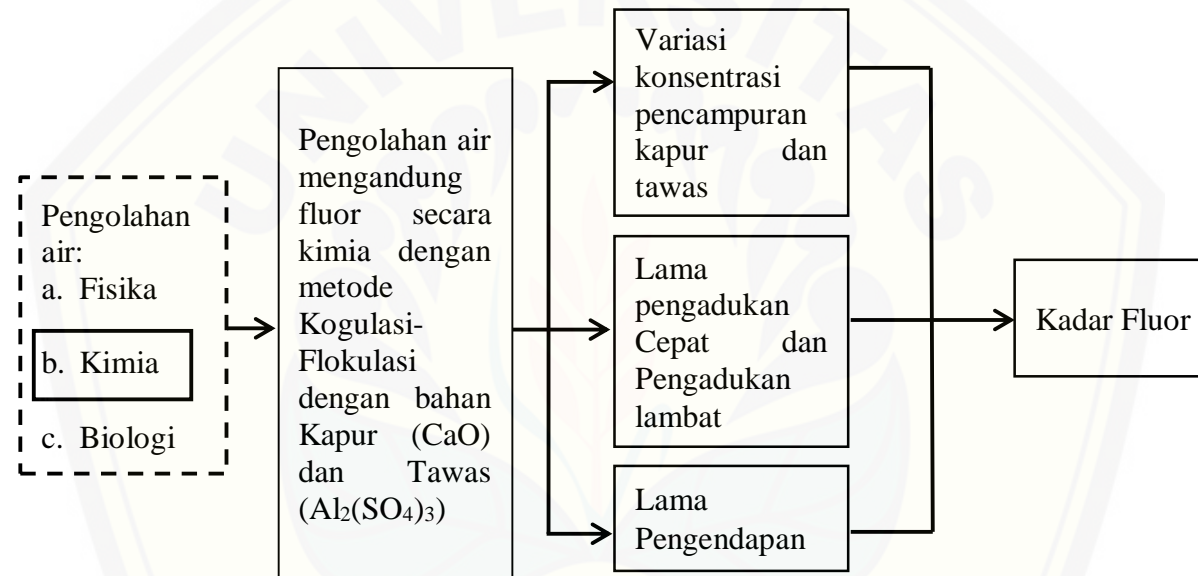


Gambar 2. 4 Diagram Alir Kerangka Teori

Sumber : Agtini *et al.* (2005); Degremont (2007); Fejerskov *et al.* (1991); Japerson (1987); Kusnaedi (2002); Meenakshi & Maheshwari (2006) Pauwels, 2007; Purwowododo (1993); Shimelis *et al.* (2006); Soerahman *et al.* (2012).

2.11 Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual merupakan sintesa tentang hubungan antar variabel yang disusun dari berbagai teori yang telah dideskripsikan (Khoiri et al, 2015:17). Kerangka konsep di gambarkan sebagai berikut:



Keterangan :
—— Diteliti
----- Tidak di teliti

Gambar 2. 5 Diagram Alir Kerangka Konsep

Macam-macam pengolahan air terdiri dari pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia, dan pengolahan secara biologi (Kusnaedi, 2002). Pengolahan secara fisika meliputi filtrasi, sedimentasi, absorpsi-adsorpsi, dan elektrodialisis. Pengolahan secara kimia meliputi koagulasi-flokulasi dan aerasi. Pengolahan secara biologi meliputi pembunuhan mikroorganisme.

Penelitian ini mencoba menerapkan sebuah teknologi pengolahan air secara kimia dengan metode koagulasi dan flokulasi dengan cara menambahkan campuran larutan kapur dan tawas pada air sumur gali, dimana dianggap dapat mempengaruhi perubahan kadar fluor (Soerahman et al, 2012). Larutan kalsium hidroksida (kapur) bila direaksikan dengan air yang mengandung fluor maka akan terbentuk flok kalsium fluorida, sehingga fluor tersebut dapat mengendap (Degreemont (2007). Apabila larutan alumunium hidroksida (tawas), dilarutkan dalam air yang mengandung fluor, maka terjadi reaksi pengikatan fluor oleh alumunium. Metode penurunan kadar fluor harus memperhatikan konsentrasi pencampuran kapur dan tawas, lama pengadukan cepat dan pengadukan lambat, serta lama pengendapan. Sehingga hasil akhir dari proses pencampuran kapur dan tawas yaitu kadar fluor dapat sesuai dengan standar Permenkes RI No.416 tahun 1990 tentang kualitas air bersih dan tidak menyebabkan masalah kesehatan yaitu terjadinya fluorosis gigi.

2.12 Hipotesis Penelitian

- a. Terdapat perbedaan kadar Fluor kelompok kontrol dengan air sumur gali yang diberi perlakuan pemberian variasi campuran, kapur konsentrasi 2% sebanyak 5 ml dan tawas konsentrasi 2% sebanyak 20 ml, kemudian dilakukan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu di lakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit.
- b. Terdapat perbedaan kadar Fluor kelompok kontrol dengan air sumur gali yang diberi perlakuan pemberian variasi campuran, kapur konsentrasi 5% sebanyak 5 ml dan tawas konsentrasi 5% sebanyak 20 ml, kemudian dilakukan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu di lakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit.

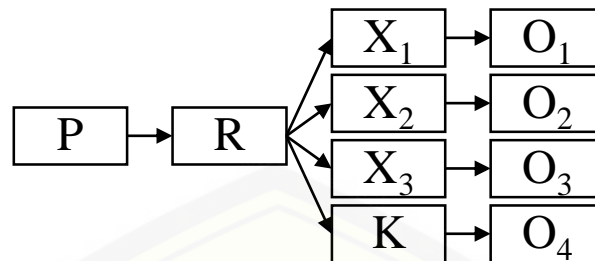
- c. Terdapat perbedaan kadar Fluor kelompok kontrol dengan air sumur gali yang diberi perlakuan pemberian variasi campuran, kapur konsentrasi 10% sebanyak 5 ml dan tawas konsentrasi 10% sebanyak 20 ml, kemudian dilakukan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu di lakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah *True Eksperimental* yaitu studi eksperimen dimana peneliti dapat mengontrol semua variabel luar yang mempengaruhi jalannya eksperimen. Dengan demikian validitas internal (kualitas pelaksanaan rancangan penelitian) dapat menjadi tinggi. (Sugiyono, 2012:75). Desain penelitian ini adalah *True Eksperimental Design* dengan bentuk *Posttest-Only Control Designs* dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Pada desain ini, terdapat empat kelompok yang masing-masing dipilih secara random (R). Pada kelompok pertama (X_1) yaitu kelompok yang diberi perlakuan pemberian kapur dengan konsentrasi 2% sebanyak 5 ml, dan tawas konsentrasi 2% sebanyak 20 ml dengan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu di lakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit, Pada kelompok kedua (X_2) yaitu kelompok yang diberi perlakuan pemberian kapur dengan konsentrasi 5% sebanyak 5 ml, dan tawas konsentrasi 5% sebanyak 20 ml dengan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu di lakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit, Pada kelompok ketiga (X_3) yaitu kelompok yang diberi perlakuan pemberian kapur dengan konsentrasi 10% sebanyak 5 ml, dan tawas konsentrasi 10% sebanyak 20 ml dengan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu di lakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit, dan kelompok yang tidak di beri perlakuan disebut kelompok kontrol (K). Dalam penelitian dengan desain ini untuk melihat suatu pengaruh, apabila terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, maka perlakuan yang diberikan berpengaruh secara signifikan (Sugiyono, 2012:76).



Gambar 3. 1 Diagram Alir Desain Penelitian

Keterangan:

O : Observasi

P : Populasi

R : Random

K : Kelompok Kontrol

X₁ : Kelompok yang diberi perlakuan pemberian kapur dengan konsentrasi 2% sebanyak 5 ml, dan tawas konsentrasi 2% sebanyak 20 ml dengan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu di lakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit

X₂ : Kelompok yang diberi perlakuan pemberian kapur dengan konsentrasi 5% sebanyak 5 ml, dan tawas konsentrasi 5% sebanyak 20 ml dengan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu di lakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit

X₃ : Kelompok yang diberi perlakuan pemberian kapur dengan konsentrasi 10% sebanyak 5 ml, dan tawas konsentrasi 10% sebanyak 20 ml dengan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu di lakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit

Dalam penelitian ini, untuk mengetahui keefektifan pemberian kapur dan tawas terhadap penurunan kadar Fluor. Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non factorial yang terdiri dari 4 perlakuan dengan 6 kali pengulangan untuk masing-masing perlakuan. Jumlah pengulangan di tentukan berdasarkan perhitungan menurut Hanafiah (2014:9) dengan rumus:

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

$$(4-1)(r-1) \geq 15$$

$$3r - 3 \geq 15$$

$$3r \geq 18$$

$$r \geq 6$$

Keterangan:

t : perlakuan, yaitu = 4

r : pengulangan, yaitu = 6

15 : faktor nilai derajat kebebasan

Setelah ditetapkan jumlah t dan r, maka untuk menentukan RAL dibuat tabel dengan rumus $r \times t$. Maka hasil RAL adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Tata Letak Rancangan Acak Lengkap Penelitian

Kontrol (tanpa perlakuan)	Perlakuan 1 (2%)	Perlakuan 2 (5%)	Perlakuan 3 (10%)
K1	X ₁₁	X ₂₁	X ₃₁
K2	X ₁₂	X ₂₂	X ₃₂
K3	X ₁₃	X ₂₃	X ₃₃
K4	X ₁₄	X ₂₄	X ₃₄
K5	X ₁₅	X ₂₅	X ₃₅
K6	X ₁₆	X ₂₆	X ₃₆

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di 2 tempat. Untuk pengambilan sampel air sumur gali yang mengandung fluor dilakukan di sumur salah satu warga yang digunakan secara bersama-sama oleh warga Desa Gudang, Kecamatan Asembagus, Kabupaten Situbondo, untuk pembuatan larutan kapur dan tawas serta pengujian kadar Fluor di Laboratorium Perusahaan Daerah Air Minum Tegal besar, namun menggunakan alat spektrofotometri oleh Laboratorium Kesehatan Daerah Situbondo.

3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada bulan Januari - November 2016

3.3 Objek Penelitian

3.3.1 Sampel Penelitian

Objek yang diambil dalam penelitian ini adalah air sumur gali yang mengandung Fluor kemudian di beri perlakuan pemberian campuran kapur dan tawas. Jumlah objek sebanyak 24 sampel air yang mengandung fluor. Variasi konsentrasi campuran kapur dan tawas yang digunakan dalam penelitian ini, yakni 2%, 5%, dan 10%.

Menurut Soerahman *et al.* (2012:371-372), perbandingan jumlah volume antara kapur dan tawas adalah 1:4. Pada penelitian Soerahman menggunakan variasi lama pengadukan. Pada penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi campuran kapur dan tawas, sehingga didapatkan variasi pencampuran jumlah kapur dan tawas pada perlakuan pertama yaitu perlakuan pemberian kapur dengan konsentrasi 2% sebanyak 5 ml, dan tawas konsentrasi 2% sebanyak 20 ml, perlakuan kedua yaitu perlakuan pemberian kapur dengan konsentrasi 5% sebanyak 5 ml, dan tawas konsentrasi 5% sebanyak 20 ml dan perlakuan ketiga yaitu perlakuan pemberian kapur dengan konsentrasi 10% sebanyak 5 ml, dan tawas konsentrasi 10% sebanyak 20 ml.

Penentuan lama pengadukan cepat dan lama pengendapan berdasarkan penelitian sebelumnya yang hampir sama oleh Soerahman *et al.* (2012:37) untuk mengetahui perbedaan kadar fluor pada air sumur gali sebelum dan sesudah proses koagulasi flokulasi kapur dan tawas, lama pengadukan optimum untuk menurunkan fluor adalah selama 15 menit, serta lama pengendapan selama 60 menit. Penentuan pengadukan lambat selama 3 menit, kecepatan RPM pengadukan cepat sebesar 140 RPM dan pengadukan lambat sebesar 40 RPM pada pada jar test berdasarkan penelitian oleh Ayu, (2008:29).

3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel sumur gali sesuai dengan SNI 6989.58:2008 tentang Air dan Air Limbah Bagian 58; metode pengambilan contoh air tanah, dimana dalam pengambilan sampel sumur gali tersebut dengan metode Fisika-Kimia sebagai berikut:

- a. Wadah yang digunakan untuk menampung sampel yaitu jerigen berbahan poli etilen atau plastik berkapasitas 32,5 liter.
- b. Cara Pengambilan sampel air
 - 1) Alat dan bahan
 - a) Sampel air yang mengandung Fluor (F).
 - b) Jerigen air.
 - c) Label.
 - d) Ember.
 - e) Kertas tulis.
 - f) Alat tulis.
 - 2) Prosedur kerja
 - a) Bilas jerigen sebanyak 3 kali.
 - b) Ambil sampel air dengan ember, kemudian dimasukkan ke dalam jerigen sampai penuh, hingga tidak ada gelembung udara/oksigen dalam jerigen, hindari terjadinya aerasi.
 - c) Tutup rapat wadah jerigen.
 - d) Beri label pada jerigen yang berisi :
 - (1) Nama pengambil : Herdian Riskianto.
 - (2) Waktu pengambilan : Senin, 20 Juni 2016 Pukul 08.00 WIB.
 - (3) Pemilik Sumur : Ibu Nurhasanah.
 - (4) Alamat : RT 2 RW 8, Dusun Krajan Utara, Desa Gudang, Kecamatan Asembagus.
 - (5) Sumur tahun : 1960.
 - (6) Jenis sumur : Gali.

3.4 Variabel dan Definisi Operasional

Variabel adalah suatu yang digunakan sebagai ciri, sifat, atau ukuran yang dimiliki atau didapatkan oleh satuan penelitian tentang suatu konsep penelitian tertentu. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar Fluor pada air sumur gali sedangkan variabel bebas dalam penelitian ini yaitu penggunaan kapur dan

tawas sebagai variasi konsentrasi 2%, 5%, 10%. Definisi operasional variabel-variabel tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Variabel, Definisi Operasional, Skala Data, Cara Pengukuran, Satuan

No	Variabel	Definisi Operasional	Skala data	Cara pengukuran	Satuan
1.	Kadar fluor	Jumlah kandungan fluor pada air sumur gali.	Rasio	<i>spectrofotometer</i>	mg/l
2.	Variasi konsentrasi pencampuran kapur dan tawas	<p>Macam-macam pencampuran kadar kapur dan tawas yang di tambahkan pada air mengandung fluor sebanyak 1 liter.</p> <p>Macam-macam pencampuran konsentrasi pencampuran kapur dan tawas meliputi:</p> <p>a. Pada perlakuan pertama, kadar kapur 2% sebanyak 5 ml dan kadar tawas 2% sebanyak 20 ml. Kedua larutan tersebut dimasukkan ke dalam 1 liter air mengandung fluor.</p> <p>b. Pada perlakuan kedua, kadar kapur 5% sebanyak 5 ml dan kadar tawas 5% sebanyak 20 ml. Kedua larutan tersebut dimasukkan ke dalam 1 liter air mengandung fluor.</p> <p>c. Pada perlakuan ketiga, kadar kapur 10% sebanyak 5 ml dan kadar tawas 10% sebanyak 20 ml. Kedua larutan tersebut dimasukkan ke dalam 1 liter air mengandung fluor.</p>	Rasio	Pipet Ukur	ml
3.	Lama pengadukan Cepat dan Pengadukan lambat	Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mengaduk campuran larutan kapur dan tawas pada 1 liter air mengandung fluor dengan menggunakan alat <i>jar tes</i> . Jumlah waktu pengadukan cepat selama 15 menit dengan kecepatan 140 RPM, sedangkan jumlah waktu pengadukan lambat selama 3 menit dengan kecepatan 40 RPM.	Rasio	Stopwatch	Menit

No	Variabel	Definisi Operasional	Skala data	Cara Pengukuran	Satuan
4.	Lama pengendapan	Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk membiarkan terjadinya proses pengikatan fluor pada air oleh kapur dan tawas. Jumlah waktu yang dibutuhkan selama 60 menit.	Rasio	Stopwatch	menit

3.5 Data dan Sumber Data

Data adalah kumpulan fakta atau informasi yang dapat berbentuk angka atau deskripsi yang berasal dari sumber data. Sumber data ialah uraian tentang asal diperolehnya data penelitian. Sumber data berasal dari organisasi, masyarakat, sistem, dan lain-lain. Data terbagi menjadi dua macam, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari objek penelitian, baik benda maupun orang. Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dari dokumen dan atau sumber informasi lainnya (Khoiri et al., 2015:20).

3.5.1 Data Primer

Data primer dalam penelitian ini berupa hasil pemeriksaan Fluor pada air sumur gali yang belum mendapat perlakuan dan yang sudah mendapat perlakuan penambahan kapur dan tawas dengan variasi konsentrasi yang berbeda dalam masing- masing sampel.

3.5.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh melalui studi kepustakaan dan data yang diperoleh dari instansi seperti Dinas Kesehatan, Badan Pusat Statistik, atau pihak lain sebagai penunjang penelitian ini, serta mempelajari data yang sudah ada yang meliputi data-data dari Puskesmas, Kelurahan, buku-buku, jurnal-jurnal, laporan-laporan dan sebagainya.

3.6 Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

3.6.1 Teknik Pengumpulan Data

a. Pengamatan (Observasi) dan pengukuran

Pengamatan adalah suatu prosedur yang berencana, yang meliputi melihat, mendengar, dan mencabut sejumlah dan taraf aktivitas tertentu atau situasi tertentu yang ada hubungannya dengan masalah yang diteliti (Notoatmodjo, 2012:131-134). Pemantauan dilakukan dengan melakukan pengukuran kadar fluor pada air sumur gali sesudah mendapat perlakuan penambahan campuran kapur dan tawas di laboratorium.

b. Dokumentasi

Metode dokumentasi adalah mencari data mengenai hal-hal atau variabel yang berupa catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, prasasti, notulen rapat, agenda, dan sebagainya (Arikunto, 2010:274). Dokumentasi dalam penelitian ini diperoleh dengan cara mengambil gambar saat melakukan observasi.

3.6.2 Instrumen Pengumpulan data

Instrumen adalah alat atau fasilitas yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data agar pekerjaan lebih mudah dan hasilnya lebih baik (Arikunto, 2010:203). Alat atau instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa lembar observasi hasil laboratorium dan alat yang digunakan dalam dokumentasi adalah kamera.

3.7 Prosedur Kerja

3.7.1 Alat Penelitian

- a. Gelas beaker ukuran 1000 ml.
- b. Gelas ukur plastik ukuran 1000 ml.
- c. Pipet ukur 10 ml dan pipet ukur 20 ml.
- d. Bulb.
- e. Spatula.
- f. Jartest.
- g. Timbangan digital.

- h. Pengujian kadar fluor dengan alat *spectrofotometri*.
- i. Jerigen isi 25 Liter.
- j. Alat tulis menulis.
- k. Kamera digital.
- l. Sendok penyus.
- m. Stopwatch.

3.7.2 Bahan Penelitian

- a. Air sampel sebanyak 25 liter (air baku dari sumur penduduk) yang diambil dari wilayah Desa Gudang, Kecamatan Asembagus, Kabupaten Situbondo.
- b. Aquades sebanyak 6 liter.
- c. Kapur sebanyak 170 gram (pembuatan kapur konsentrasi 2% membutuhkan kapur sebanyak 20 gram, pembuatan kapur konsentrasi 5% membutuhkan kapur sebanyak 50 gram, pembuatan kapur konsentrasi 10% membutuhkan kapur sebanyak 100 gram. Sehingga, membutuhkan kapur 170 gram).
- d. Tawas sebanyak 170 gram (pembuatan tawas konsentrasi 2% membutuhkan tawas sebanyak 20 gram, pembuatan tawas konsentrasi 5% membutuhkan tawas sebanyak 50 gram, pembuatan tawas konsentrasi 10% membutuhkan tawas sebanyak 100 gram. Sehingga, membutuhkan kapur 170 gram).

3.7.3 Prosedur Penelitian Pembuatan Larutan Kapur dan Tawas

- a. Pembuatan Larutan Kapur dengan konsentrasi 2%.
 - 1) Siapkan alat dan bahan.
 - 2) Ambil kapur menggunakan sendok penyus lalu timbang kapur sebanyak 20 gram.
 - 3) Masukkan kapur pada beaker glass.
 - 4) Masukkan aquades sebanyak 1000 ml, lalu aduk menggunakan spatula.
 - 5) Sehingga didapat larutan kapur berkonsentrasi sebanyak 2% dalam 1000 ml air.
- b. Pembuatan Larutan Kapur dengan konsentrasi 5%.
 - 1) Siapkan alat dan bahan.

- 2) Ambil kapur menggunakan sendok penyus lalu timbang kapur sebanyak 50 gram.
 - 3) Masukkan kapur pada beaker glass.
 - 4) Masukkan aquades sebanyak 1000 ml, lalu aduk menggunakan spatula.
 - 5) Sehingga didapat larutan kapur berkonsentrasi sebanyak 5% dalam 1000 ml air.
- c. Pembuatan Larutan Kapur dengan konsentrasi 10%.
- 1) Siapkan alat dan bahan.
 - 2) Ambil kapur menggunakan sendok penyus lalu timbang kapur sebanyak 100 gram.
 - 3) Masukkan kapur pada beaker glass.
 - 4) Masukkan aquades sebanyak 1000 ml, lalu aduk menggunakan spatula.
 - 5) Sehingga didapat larutan kapur berkonsentrasi sebanyak 10% dalam 1000 ml air.
- d. Pembuatan Larutan Tawas dengan konsentrasi 2%.
- 1) Siapkan alat dan bahan.
 - 2) Ambil tawas menggunakan sendok penyus lalu timbang tawas sebanyak 20 gram.
 - 3) Masukkan tawas pada beaker glass.
 - 4) Masukkan aquades sebanyak 1000 ml, lalu aduk menggunakan spatula.
 - 5) Sehingga di dapat larutan tawas berkonsentrasi sebanyak 2% dalam 1000 ml air.
- e. Pembuatan Larutan Tawas dengan konsentrasi 5%.
- 1) Siapkan alat dan bahan.
 - 2) Ambil tawas menggunakan sendok penyus lalu timbang tawas sebanyak 50 gram.
 - 3) Masukkan tawas pada beaker glass.
 - 4) Masukkan aquades sebanyak 1000 ml, lalu aduk menggunakan spatula.
 - 5) Sehingga di dapat larutan tawas berkonsentrasi sebanyak 5% dalam 1000 ml air.

- f. Pembuatan Larutan Tawas dengan konsentrasi 10%.
 - 1) Siapkan alat dan bahan.
 - 2) Ambil tawas menggunakan sendok penyus lalu timbang tawas sebanyak 100 gram.
 - 3) Masukkan tawas pada beaker glass.
 - 4) Masukkan aquades sebanyak 1000 ml, lalu aduk menggunakan spatula.
 - 5) Sehingga di dapat larutan tawas berkonsentrasi sebanyak 10% dalam 1000 ml air.

3.7.4 Prosedur Penelitian Pemberian Larutan Kapur dan Tawas

- a. Khusus untuk kelompok kontrol, tidak di beri perlakuan namun hanya di ukur kadar fluornya dengan *spectrofotometri*.
- b. Perlakuan dengan pemberian larutan kapur dan tawas pada perlakuan pertama, meliputi:
 - 1) Siapkan sampel air baku pada jerigen.
 - 2) Kocok wadah jerigen tempat sampel air baku.
 - 3) Masukkan sampel air baku pada gelas ukur plastik sebanyak 1000 ml lalu masukkan dalam *beaker glass* volume 1 liter.
 - 4) Letakkan sampel tersebut pada jartest. Tambahkan larutan kapur dengan kadar 2% sebanyak 5 ml, dan larutan tawas dengan kadar 2% sebanyak 20 ml dengan menggunakan pipet ukur.
 - 5) Tambahkan secara bersamaan kedua bahan tersebut.
 - 6) Aduk masing-masing campuran menggunakan jartest dengan kecepatan awal 140 RPM selama 15 menit.
 - 7) Selanjutnya aduk masing-masing campuran dengan kecepatan 40 RPM selama 3 menit.
 - 8) Kemudian diamkan larutan selama 60 menit. Hal ini bertujuan untuk mengendapkan gumpalan yang terjadi.
 - 9) Ukur kadar Fluor pada masing-masing sampel dengan *spectrofotometri*.
 - 10) Catat hasilnya.

11) Lakukan dengan cara yang sama untuk sampel keenam berikutnya, sehingga didapat replikasi atau pengulangan sebanyak enam kali.

c. Perlakuan dengan pemberian larutan kapur dan tawas pada perlakuan kedua.

Lakukan kegiatan poin 1 sampai 10, namun dengan larutan kapur dengan kadar 5% sebanyak 5 ml, dan larutan tawas dengan kadar 5% sebanyak 20 ml dengan menggunakan pipet ukur.

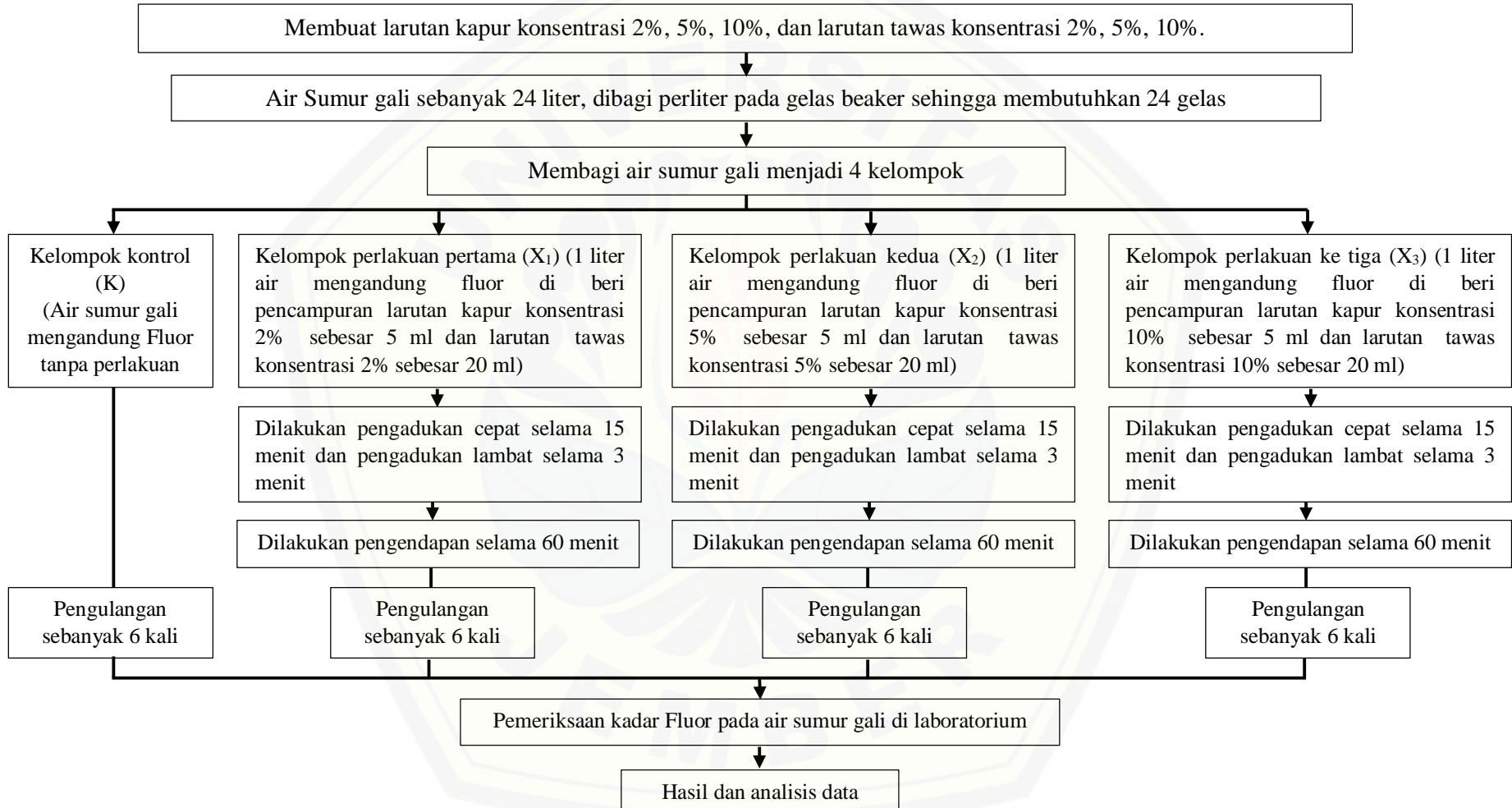
d. Perlakuan dengan pemberian larutan kapur dan tawas pada perlakuan ketiga.

Lakukan kegiatan poin 1 sampai 10, namun dengan larutan kapur dengan kadar 10% sebanyak 5 ml, dan larutan tawas dengan kadar 10% sebanyak 20 ml dengan menggunakan pipet ukur.

3.7.5 Parameter yang diukur

- a. Kadar fluor masing-masing sampel sebelum di beri perlakuan.
- b. Kadar fluor masing- masing sampel setelah diberi perlakuan pertama.
- c. Kadar fluor masing- masing sampel setelah diberi perlakuan kedua.
- d. Kadar fluor masing- masing sampel setelah diberi perlakuan ketiga.

3.7.6 Kerangka Prosedur Kerja Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kerangka Prosedur Kerja Penelitian

3.8 Teknik Penyajian dan Analisis Data

Teknik pengolahan data dapat dilakukan dengan pengkodean, pengeditan, tabulasi, transkripsi. Sedangkan teknik penyajian informasi dapat dalam bentuk tabulasi, grafik, tekstular. Teknik analisis data tergantung pada macam penelitian, jenis, bentuk, dan sifat data yang dianalisis (Khoiri et al., 2015:20-21).

Teknik analisis data penelitian ini menggunakan analisis deskriptif dan analitik. Analisis deskriptif menggambarkan hasil uji laboratorium. Data disajikan secara deskriptif dalam bentuk grafik. Uji statistik dilakukan untuk melihat perbedaan pemberian larutan kapur dan tawas terhadap penurunan kadar Fluor pada air sumur gali yang tidak diberi perlakuan pemberian larutan kapur dan tawas dengan air sumur gali yang di beri perlakuan pemberian larutan kapur dan tawas. Uji statistika dilakukan dengan menggunakan uji anova satu arah (*one way anova*). Uji *one way anova* merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antara variabel bebas dengan satu variabel terikat (Kuswandi, 2004). Uji *one way anova* dilakukan dengan menggunakan SPSS dengan menggunakan interval kepercayaan 95% atau level of signficancy 5% untuk melihat perbedaan masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat.

Adapun langkah- langkah dalam prosedur uji *One Way Anova* adalah:

a. Tes Homogenitas Varians.

Asumsi dasar dari analisis ANOVA adalah seluruh kelompok penelitian harus memiliki varian yang sama. Hipotesis yang digunakan dalam tes homogenitas varian adalah:

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,005, maka seluruh varian populasi adalah sama

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ 0,005, maka seluruh varian populasi adalah berbeda

b. Uji F.

Uji analitik yang digunakan untuk menguji hipotesis nol bahwa semua kelompok mempunyai *mean* populasi yang sama adalah uji F. Harga F diperoleh dari rata-rata jumlah kuadrat *mean square* antara kelompok yang dibagi dengan rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok.

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ANOVA adalah:

H_0 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki rata- rata populasi sama

H_1 : diduga bahwa seluruh kelompok memiliki rata- rata populasi berbeda

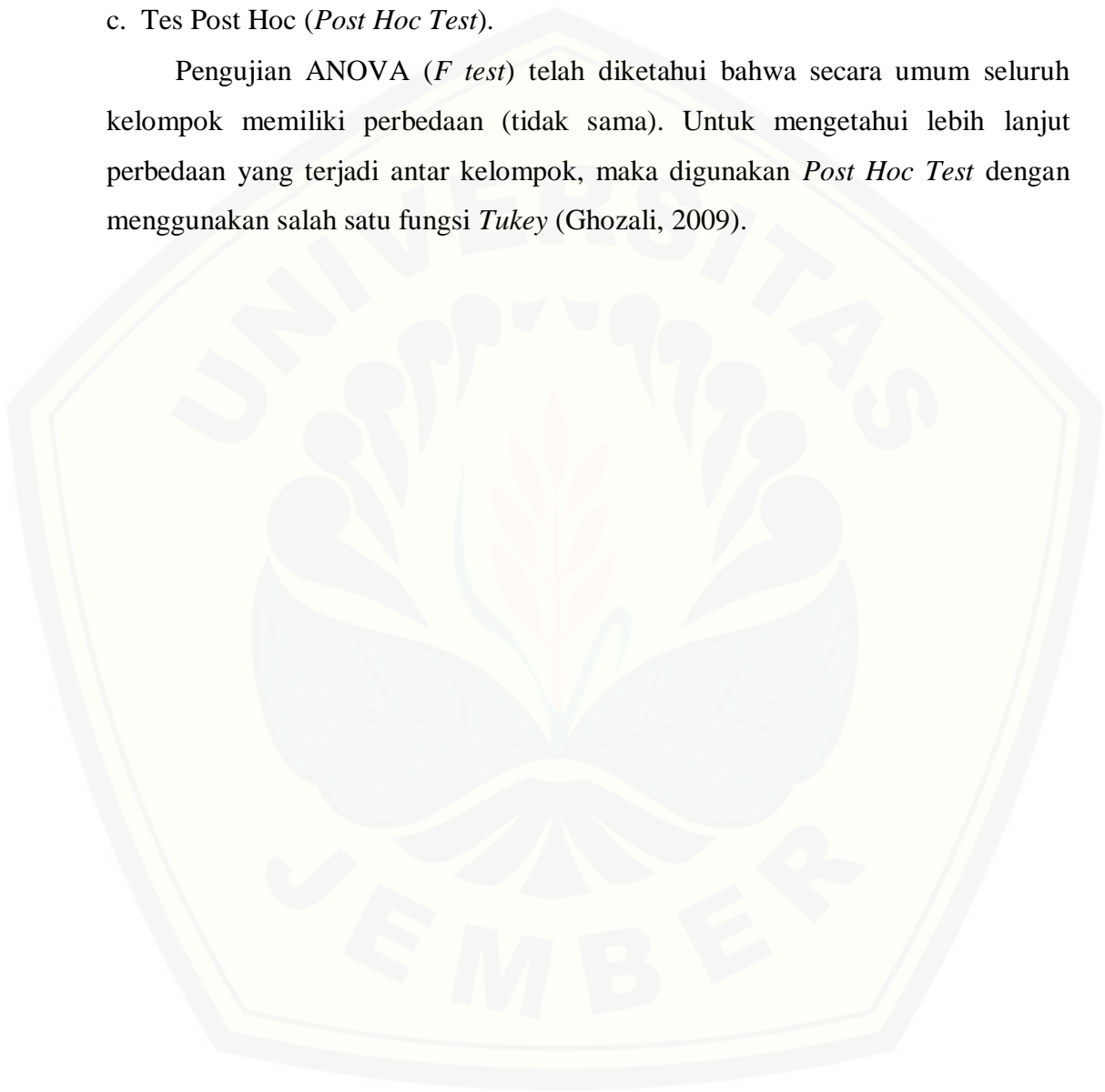
Dasar dari pengambilan keputusan adalah:

Jika F hitung $>$ F tabel 0,005, maka H_0 diterima

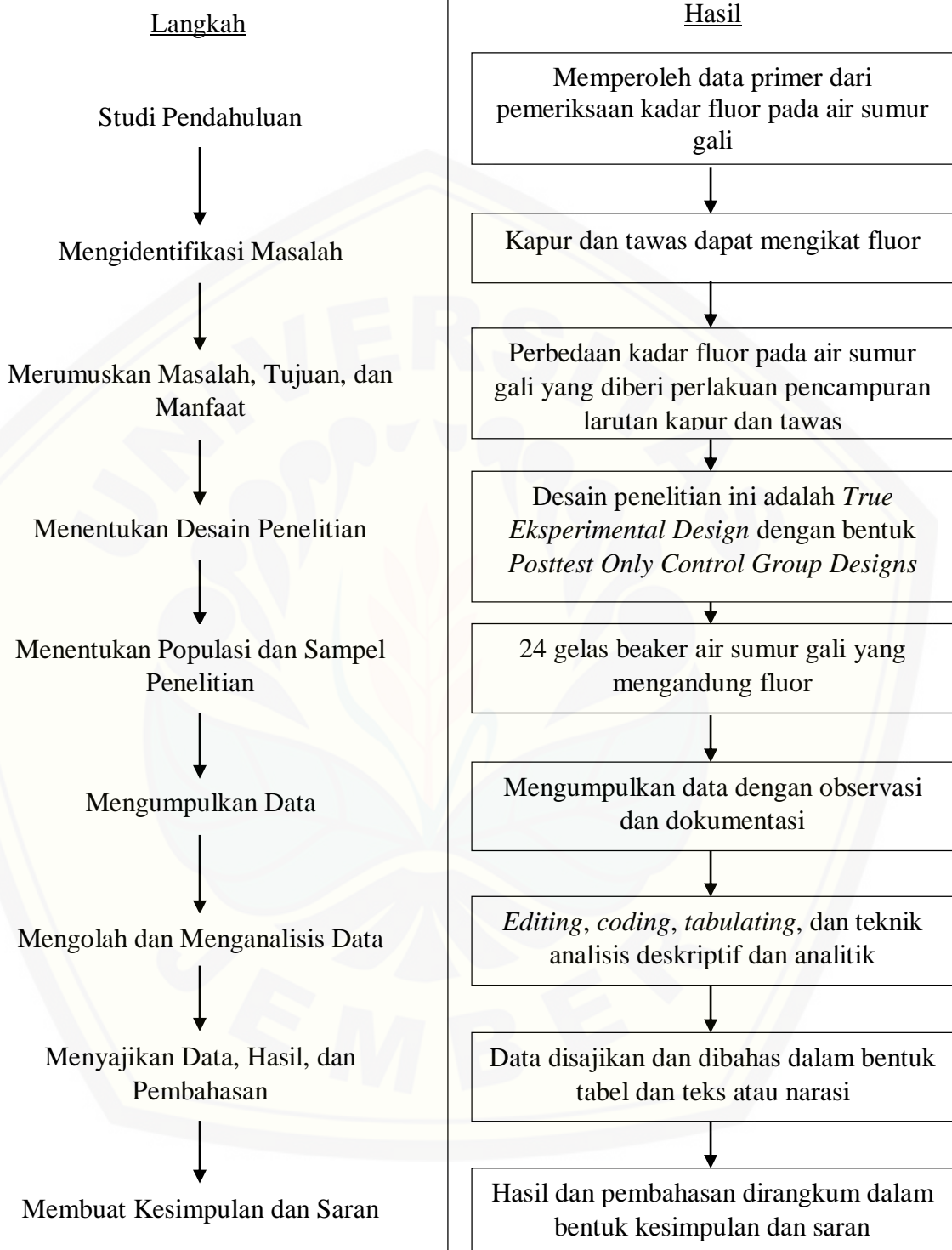
Jika F hitung $<$ F tabel 0,005, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima (Ghozali, 2009).

c. Tes Post Hoc (*Post Hoc Test*).

Pengujian ANOVA (*F test*) telah diketahui bahwa secara umum seluruh kelompok memiliki perbedaan (tidak sama). Untuk mengetahui lebih lanjut perbedaan yang terjadi antar kelompok, maka digunakan *Post Hoc Test* dengan menggunakan salah satu fungsi *Tukey* (Ghozali, 2009).



3.9 Alur Penelitian



Gambar 3. 3 Alur Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan mengenai “*Perbedaan Kadar Fluor pada Air Sumur Gali Setelah Pemberian Kapur (CaO) dan Tawas (Al₂(SO₄)₃) (Studi di Desa Gudang Kecamatan Asembagus Kabupaten Situbondo)*” diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Air baku yaitu air sumur gali yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kadar fluor sebesar 2,35 mg/l.
- b. Rerata kadar fluor pada kelompok perlakuan X₁ dengan pemberian variasi campuran konsentrasi kapur konsentrasi 2% sebanyak 5 ml dan tawas konsentrasi 2% sebanyak 20 ml, kemudian dilakukan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu di lakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit, sebesar 0,89 mg/l.
- c. Rerata kadar fluor pada kelompok perlakuan X₂ dengan pemberian variasi campuran konsentrasi kapur konsentrasi 5% sebanyak 5 ml dan tawas konsentrasi 5% sebanyak 20 ml, kemudian dilakukan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu di lakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit, sebesar 0,47 mg/l.
- d. Rerata kadar fluor pada kelompok perlakuan X₃ dengan pemberian variasi campuran konsentrasi kapur konsentrasi 10% sebanyak 5 ml dan tawas konsentrasi 10% sebanyak 20 ml, kemudian dilakukan pengadukan cepat selama 15 menit, lalu di lakukan pengadukan lambat selama 3 menit dan dilakukan pengendapan selama 60 menit, sebesar 0,05 mg/l.
- e. Uji statistika menunjukkan bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan X₁, X₂, X₃. Artinya terjadi penurunan kadar fluor secara signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan X₁, X₂, X₃ sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi kapur dan tawas yang ditambahkan pada air sumur gali yang mengandung fluor, maka akan semakin menurunkan kandungan fluor pada air sumur gali tersebut.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan tersebut diatas disarankan sebagai berikut :

a. Bagi Dinas Kesehatan Kabupaten Situbondo

Diharapkan Dinas Kesehatan Kabupaten Situbondo dapat melakukan sosialisasi secara merata kepada masyarakat Kecamatan Asembagus mengenai dampak konsumsi jangka panjang air sumur yang mengandung fluor serta merubah kebiasaan perilaku masyarakat terkait mengkonsumsi air secara langsung tanpa di masak.

b. Bagi Pemerintah Daerah

Diharapkan Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Situbondo dapat bekerja sama dengan pemerintah daerah Kecamatan Asembagus Kabupaten Situbondo untuk membuat alat pengolahan air sumur yang dapat menurunkan kadar fluor. Desain alat pengolah air sumur yang dapat menurunkan kadar fluor terlampir.

c. Bagi Masyarakat

Diharapkan masyarakat dapat berkoordinasi dengan pemerintahan desa untuk mendukung pembuatan alat pengolahan air sumur yang mengandung fluor. Dukungan masyarakat dapat dilakukan dengan menyediakan kapur dan tawas sebagai bahan utama penurun kadar fluor pada air sumur.

d. Bagi Peneliti Selanjutnya

Bagi peneliti selanjutnya sebaiknya meneliti lebih lanjut terkait lama waktu pengendapan yang lebih efektif dan efisien, dikarenakan pada penelitian ini lama waktu pengendapan selama 60 menit, serta membuat alat terkait teknologi penurunan kadar fluor yang efektif, efisien, serta mudah perawatannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agalakova, N. I & Gusev, G. P. 2012. *Review Article : Molecular Mechanisms of Cytotoxicity and Apoptosis Induced by Inorganic Fluoride*. International Scholarly Research Network, 1-16.
- Agtini, Sintawati, dan Tjahja. 2005. *Fluor dan Kesehatan Gigi*. Media Litbang Kesehatan Volume XV Nomor 2, pp. 25-31
- Alaert, G. & Santika, S. S. 1984. *Metodologi Penelitian Air*. Surabaya : Usaha Nasional.
- Almaendah. 2010. *Pencemaran Air di Indonesia*. [serial online]. <http://alamendah.org/2010/08/01/pencemaran-air-di-indonesia/>. [diakses pada 25 Januari 2016].
- Amir & Djajaningrat. 1998. *Penilaian Secara Cepat Sumber Sumber Pencemaran Air*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Amsyari, F. 1986. *Prinsip-Prinsip Masalah Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Arikunto, S. 2010. *Prosedur Penelitian : Suatu Pendekatan Praktik (Edisi Revisi)*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Ayu, R. K. 2008. Perbandingan Efektivitas Penggunaan Tawas dan Kapur dalam Menjernihkan Air. Jember: *Skripsi Bagian Kesehatan Lingkungan dan Keselamatan Kesehatan Kerja FKM UNEJ*.
- Badan Pusat Statistik Situbondo. 2014. *Kecamatan Asembagus Dalam Angka*. Situbondo: Badan Pusat Statistik.
- Bangun, Aminah, Hutahaeen, Ritonga. 2013. Pengaruh Kadar Air, Dosis, dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 7-13.
- BAPPEDA JATIM. 2012. *Profil Kabupaten Situbondo*. Surabaya: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Jawa Timur

- Budiarto, Eko. 2002. *Biostatistika Untuk Kedokteran dan Kesehatan Masyarakat*. Jakarta : EGC.
- Budipramana, Hapsoro, Irmawati, dan Kuntari. 2002. Dental Fluorosis and Caries Prevalence in the Fluorosis Endemic Area of Asembagus Indonesia. *International Journal of Pediatric Dentistry* 12, 415-422.
- Bronckers, Lyaruu, dan DenBesten. 2009. *The Impact Of Fluoride On Ameloblasts and The Mechanisms Of Enamel Fluorosis*. SAGE, 877-893.
- Dainur. 1995. *Materi-Materi Pokok Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Jakarta: Widya Medika.
- Degremont. 2007. *Water Treatment Handbooks*. New York: Mc Graw Hill Books Company.
- Departemen Kesehatan. 1990. *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 tentang Syarat-syarat Dan Pengawasan Kualitas Air*. Jakarta: Departemen Kesehatan.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- ESDM. 2015. *Batu kapur/gamping*. [serial online]. <http://www.tekmira.esdm.go.id/data/Batukapur/ulasan.asp?xdir=Batukapur&commId=35&comm=Batu%20kapur/gamping>. [diakses pada 20 Februari 2016].
- Fardiaz. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Farikha. I. N, Anam. C, Widowati. E. 2013. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Bahan Penstabil Alami Terhadap Karakteristik Fisikokimia Sari Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Selama Penyimpanan. *Jurnal Teknosains Pangan*, 30-38.
- Fejerskov, Manji, Baelum, dan Moiler.1991. *Fluorosis (Dental Fluorosis)*. Alih Bahasa Oleh Purwanto. Jakarta: Hipokrates.
- Ferreira, Vargas, Castilho, Velasquez, Fantinel, dan Abreu .2010. Article: Factors Associated to Endemic Dental Fluorosis in Brazilian Rural Communities.

International Journal of Environmental Research and Public Health, 3115-3128.

Ghozali, I. 2009. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS*. Semarang: BP Universitas Diponegoro.

Hanafiah, K. A. 2014. *Rancangan Percobaan: Teori & Aplikasi. Edisi Ketiga*. Jakarta: Rajawali Pers.

Heikens, A., Sumarti, S., Bergen, M. V., Widinarko, B., Fokkert, L., Leeuwen, K. V., dan Seinen. W. 2004. The impact of the hyperacid Ijen Crater Lake: risks of excess fluoride to human health. *Science Direct*, 56-69.

Hong, F., Yanxiang CaO, Dong Yang, Hui Wang. 2008. *Research on the Effects of of Fluoride in Child Intellectual Development under Different Environmental Conditions*. *Fluoride* 41(2): 156-160

Isman, Endro, Sukosrono. 1995. Pengaruh Penambahan Garam Kalsium Karbonat Terhadap Proses Pengendapan Limbah Yang Mengandung Kontaminan Am Fase Air. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah*, 341-346.

Jasmin. 2015. *Sebab dan Akibat Pencemaran Air serta Cara Mengatasinya*. [serial online]. <http://www.geraiberas.com/sebab-dan-akibat-pencemaran-air-septa-cara-mengatasinya.html>. [diakses pada 25 Januari 2016].

Khoiri, Sulistyani, Wati, Sandra, Ellyke, dan Ririanty. 2015. *Pedoman Penulisan Skripsi*. Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember .

Kidd, E. A. & Bechal, S. J. 1991. *Dasar-dasar Karies Penyakit dan Penanggulangannya Alih Bahasa Oleh Narlan Sumawinata dan Safrida Faruk*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Kusnaedi. 2002. *Mengolah Air Gambut dan Air Kotor untuk Air Minum*. Jakarta: PT. Penebar Swadaya.

Kuswandi, M. E. 2004. *Delta Delapan Langkah Tujuh Alat untuk Peningkatan Mutu Berbasis Komputer*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.

Lu, Sun, Wu, Wang, Lu, Liu. 2000. *Effect Of High-Fluoride Water On Intelligence In Children*. Research Report 74-78.

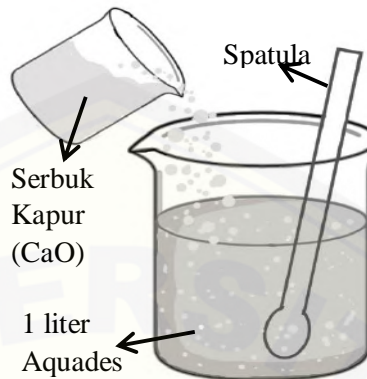
- Masduqi, Ali & Assomadi, Abdu F. 2012. *Operasi & Proses: Pengolahan Air*. Surabaya: ITS press.
- Meenakshi & Maheshwari, R. C. 2006. Flouride In Drinking Water and its removal. *Journal of Hazardous Materials B137* (2006) 456–463.
- Mulyono, D dan L. Andajani. 1993. *Kadar Fluor dalam Asi : Kaitannya dengan Kadar Fluor dalam Air Minum dan Pola Makan (Kajian pada Pasien Ibu, KKIA Utan Kayu*. Dalam Majalah Ilmiah KG Edisi Khusus Foril IV Vol. 2. Jakarta : FKG Usakti.
- Nanci, A. 2008. *Ten Cate's Oral Histology Development, Structure, and Function*. St. Louist: Mosby.
- Notoatmodjo, S. 2012. *Metode Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Paramita, A. L. 2014. *Hubungan Antara Dental Fluorosis dengan Perkembangan IQ*. Surabaya: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga.
- Pauwels, H. 2007. *Fluoride in Groundwater: Origin and helath impact*. Geoscience Vol.5, 68-72.
- Purwowidodo. 1993. *Telaah Kesuburan Tanah*. Bandung: Angkasa.
- Putra, Sugili., Rantjono, Suryo., Arifiansyah, Trinsnadi. 2009. *Optimasi Tawas dan Kapur Untuk Koagulasi Air Keruh Dengan Penanda I-131*. SDM TEKNOLOGI NUKLIR, 699-704.
- Rachmawati, T. 2011. *Gambaran Karies Gigi Berdasarkan Kadar Fluor Air Sumur Gali pada Masyarakat di Kecamatan Asembagus Kabupaten Situbondo*. Jember: *Skripsi Kedokteran Gigi Universitas Jember*.
- Rai, I. 1980. *Hubungan Antara Prevalensi Hipoplasia Gigi yang Endemis pada Anak-anak dengan Konsentrasi Fluorida dalam Air Minum dan Urine dengan Karies Gigi Desertasi*. Surabaya: *Thesis Program Pasca Sarjana Universitas Airlangga Surabaya*.
- Samidjo, J. 2014. *Pengelolaan Sumber Daya Air*. MAJALAH ILMIAH PAWIYATAN, 43-53.

- Santoso, L. 1990. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Karies Gigi Pada Anak Sekolah Dasar Di Desa Asembagus, Trigonco, dan Wringin Anom. Surabaya: *Thesis Program Pasca Sarjana Universitas Airlangga*.
- Shimelis, B., Zewge, F., dan Chandravanshi, B. S. 2006. Removal Of Excess Fluoride From Water By Alumunium Hydroxide. *Chemical Society Of Ethiopia*. 17-34.
- Siddiqui, A.H. 1970. *Neurological Complications of Skeletal Fluorosis with Special reference to Lesions in the Cervical Regions*. Fluoride (3).
- Sierant, M. L, dan Bartlett, J. D. 2012. *Stress Response Pathways in Ameloblast : Implications For Amelogenesis and Dental Fluorosis*. Cells, 631-645.
- SNI 19-6449.2000. *Metode pengujian koagulasi- flokulasi dengan cara jar*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 6989.58.2008. *Air dan air limbah – Bagian 58: Metoda pengambilan contoh air tanah*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Soerahman, Rusmiati, dan Irawan. 2012. Perbedaan Kadar Fluor Pada Air Sumur Gali Sebelum dan Sesudah Proses Koagulasi Flokulasi Kapur dan Tawas. *Widya Warta No.2 Tahun XXXVI*, 361-373.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: ALFABETA.
- Sutrisno, T. 1996. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Suwelo, I. S. 1993. *Pemberian Tablet Fluor Untuk Pencegahan Karies Gigi Berdasarkan Kadar Fluorida dalam Air Minum dan Prevalensi Karies Gigi Di Indonesia*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Suyono. 2010. *Ilmu Kesehatan Masyarakat Dalam Konteks Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Tebut, T. 2002. *Principles of Water Quality Control: FIFTH EDITION*. Oxford: Pergamon Press.

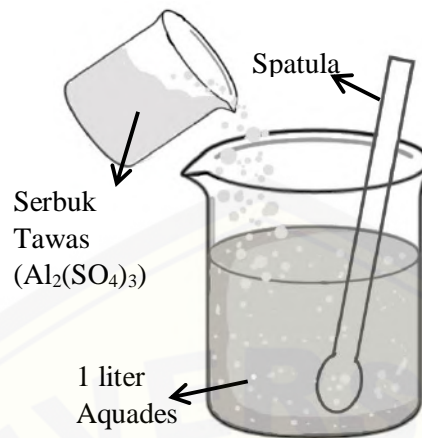
- UNICEF. 2015. *UNICEF's Position on Water Fluoridation. Citizens for Safe Drinking Water*. [serial online]. http://www.nofluoride.com/Unicef_fluor.cfm. [diakses pada 19 Februari 2016]
- Wijaya, A. S. S. 2012. Gambaran Fluorosis Gigi dan Kadar Fluor Air Sumur pada Masyarakat di Kecamatan Asembagus Kabupaten Situbondo. Jember: *Skripsi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember*.
- Yadav, Gautam, Saini, dan Singh. 2012. *Endemic Dental Fluorosis and Associated Risk Factors in Dausa District, Rajasthan (India)*. IDOSI Publications, 30-33.
- Yu, Yanni, Yang Wenxiu, Dong, Zhong, Wan Changwu. Zhang Juntian, Liu Jialiu, Xiao Kaiqi, Huang Yisen, Lu Bufeng. 2008. *Neurotransmitter and Receptor Changes in the Brain of Fetuses from Areas of Endemic Fluorosis*. Fluoride 41(2): 134-138
- Zhang, Xu, Shen, Xu. 1999. Effect Of Fluoride Exposure On Synaptic Structure Of Brain Areas Related To Learning-Memory In Mice. *Journal of Hygiene Research*. 139-143.

LAMPIRAN

Lampiran A. Metode Pembuatan Larutan Kapur (CaO)

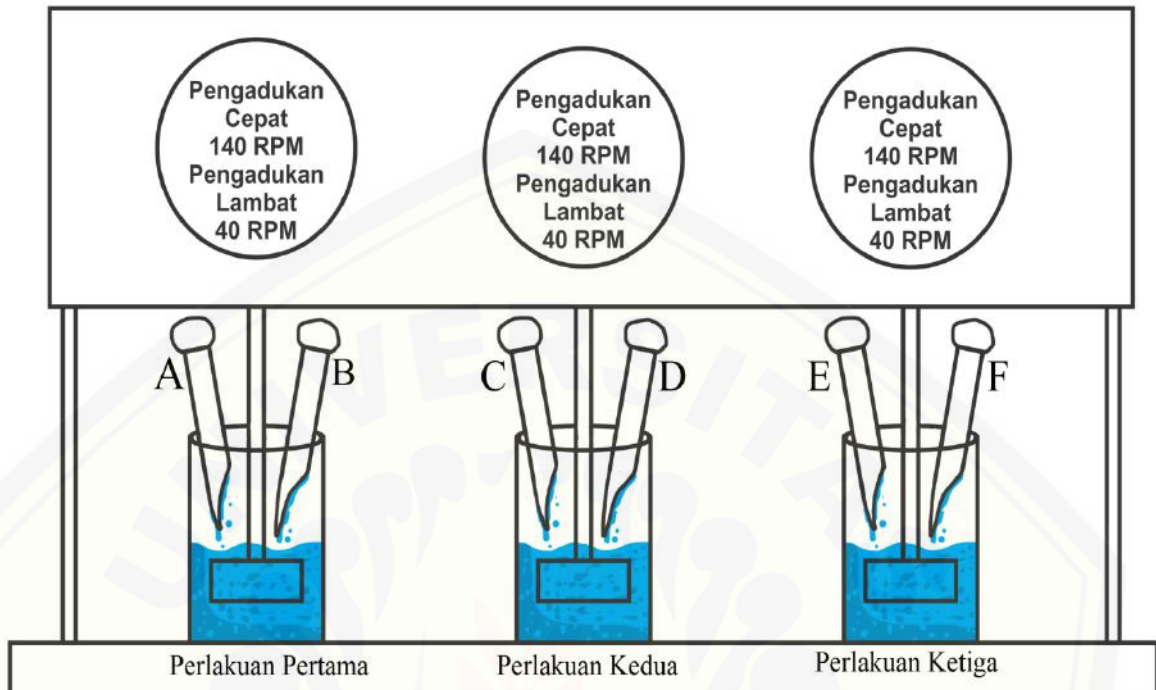


- a. Pembuatan Larutan Kapur dengan konsentrasi 2%.
 1. Siapkan alat dan bahan.
 2. Ambil kapur menggunakan sendok penyus lalu timbang kapur sebanyak 20 gram.
 3. Masukkan kapur pada beaker glass.
 4. Masukkan aquades sebanyak 1000 ml, lalu aduk menggunakan spatula.
 5. Sehingga di dapat larutan kapur berkonsentrasi sebanyak 2% dalam 1000 ml air.
- b. Pembuatan Larutan Kapur dengan konsentrasi 5%.
 1. Lakukan kegiatan point 1 sampai 4 pada pembuatan larutan kapur konsentrasi 2%, namun jumlah kapur yang dimasukkan sebanyak 50 gram.
 2. Sehingga di dapat larutan kapur berkonsentrasi sebanyak 5% dalam 1000 ml air.
- c. Pembuatan Larutan Kapur dengan konsentrasi 10%.
 1. Lakukan kegiatan point 1 sampai 4 pada pembuatan larutan kapur konsentrasi 2%, namun jumlah kapur yang dimasukkan sebanyak 100 gram.
 2. Sehingga di dapat larutan kapur berkonsentrasi sebanyak 10% dalam 1000 ml air.

Lampiran B. Metode Pembuatan Larutan Tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

- a. Pembuatan Larutan Tawas dengan konsentrasi 2%.
 1. Siapkan alat dan bahan.
 2. Ambil tawas menggunakan sendok penyus lalu timbang tawas sebanyak 20 gram.
 3. Masukkan tawas pada beaker glass.
 4. Masukkan aquades sebanyak 1000 ml, lalu aduk menggunakan spatula.
 5. Sehingga di dapat larutan tawas berkonsentrasi sebanyak 2% dalam 1000 ml air.
- b. Pembuatan Larutan tawas dengan konsentrasi 5%.
 1. Lakukan kegiatan point 1 sampai 4 pada pembuatan larutan tawas konsentrasi 2%, namun jumlah tawas yang dimasukkan sebanyak 50 gram.
 2. Sehingga di dapat larutan tawas berkonsentrasi sebanyak 5% dalam 1000 ml air.
- c. Pembuatan Larutan Tawas dengan konsentrasi 10%.
 1. Lakukan kegiatan point 1 sampai 4 pada pembuatan larutan tawas konsentrasi 2%, namun jumlah tawas yang dimasukkan sebanyak 100 gram.
 2. Sehingga di dapat larutan tawas berkonsentrasi sebanyak 10% dalam 1000 ml air.

Lampiran C. Metode Pemberian Kapur (CaO) dan Tawas (Al₂(SO₄)₃) Serta Alat Pengaduk Jartest



- a. Perlakuan dengan pemberian larutan kapur dan tawas pada perlakuan pertama.
1. Siapkan sampel air baku.
 2. Masukkan sampel air baku pada gelas ukur plastik sebanyak 1000 ml lalu masukkan dalam *beaker glass* volume 1 liter.
 3. Letakkan sampel tersebut pada jartest.
 4. Pipet A, berisi larutan kapur sebanyak 5 ml dengan konsentrasi 2%.
 5. Pipet B, berisi larutan tawas sebanyak 20 ml dengan konsentrasi 2%.
 6. Tambahkan larutan kapur dengan kadar 2% sebanyak 5 ml, dan larutan tawas dengan kadar 2% sebanyak 20 ml dengan menggunakan pipet ukur.
 7. Tambahkan secara bersamaan kedua bahan tersebut.
 8. Aduk masing- masing campuran menggunakan jartest dengan kecepatan awal 140 RPM selama 15 menit.
 9. Selanjutnya aduk masing- masing campuran dengan kecepatan 40 RPM selama 3 menit.

10. Kemudian diamkan larutan selama 60 menit. Hal ini bertujuan untuk mengendapkan gumpalan yang terjadi.
 11. Ukur kadar Fluor pada masing- masing sampel dengan sectrofotometri.
 12. Catat hasilnya.
- b. Perlakuan dengan pemberian larutan kapur dan tawas pada perlakuan kedua.
1. Pipet C, berisi larutan kapur sebanyak 5 ml dengan konsentrasi 5% .
 2. Pipet D, berisi larutan tawas sebanyak 20 ml dengan konsentrasi 5% .
 3. Tambahkan larutan kapur dengan kadar 5% sebanyak 5 ml, dan larutan tawas dengan kadar 5% sebanyak 20 ml dengan menggunakan pipet ukur.
 4. Tambahkan secara bersamaan kedua bahan tersebut.
 5. Aduk masing- masing campuran menggunakan jartest dengan kecepatan awal 140 RPM selama 15 menit.
 6. Selanjutnya aduk masing- masing campuran dengan kecepatan 40 RPM selama 3 menit.
 7. Kemudian diamkan larutan selama 60 menit. Hal ini bertujuan untuk mengendapkan gumpalan yang terjadi.
 8. Ukur kadar Fluor pada masing- masing sampel dengan sectrofotometri.
 9. Catat hasilnya.
- c. Perlakuan dengan pemberian larutan kapur dan tawas pada perlakuan ketiga.
1. Pipet E, berisi larutan kapur sebanyak 5 ml dengan konsentrasi 10% .
 2. Pipet F, berisi larutan tawas sebanyak 20 ml dengan konsentrasi 10% .

3. Tambahkan larutan kapur dengan kadar 10% sebanyak 5 ml, dan larutan tawas dengan kadar 10% sebanyak 20 ml dengan menggunakan pipet ukur.
4. Tambahkan secara bersamaan kedua bahan tersebut.
5. Aduk masing- masing campuran menggunakan jartest dengan kecepatan awal 140 RPM selama 15 menit.
6. Selanjutnya aduk masing- masing campuran dengan kecepatan 40 RPM selama 3 menit.
7. Kemudian diamkan larutan selama 60 menit. Hal ini bertujuan untuk mengendapkan gumpalan yang terjadi.
8. Ukur kadar Fluor pada masing- masing sampel dengan sectrofotometri.
9. Catat hasilnya.

Lampiran D. Hasil Laboratorium Studi Pendahuluan



PEMERINTAH KABUPATEN SITUBONDO
DINAS KESEHATAN

UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
 Jln. Gunung Arjuno No. 9 Telp. (0338) 679781 Panji - Situbondo

HASIL ANALISIS LABORATORIUM

No. Lab : 445/ 045 /431.201.7.19/2016 Tanggal Terima : 27 April 2016
 Pemilik : Bapak Marzuki Tanggal Selesai : 28 April 2016
 Alamat : Desa Gudang, Kec. Asembagus Petugas Sampling : Herdian
 Situbondo Jenis Sample : Air Sumur Gali

Mengacu Kepada PERMENKES RI No. 416 / PER / IX / 1990

NO	Parameter Analisis	Hasil	Batas Maksimum	Satuan
1	Kimia a. Fluorida	2,45	1,5	Mg/L

Keterangan :
 PARAMETER YANG DIPERIKSA TIDAK MEMENUHI BATAS SYARAT KADAR
 FLUORIDA PADA AIR BERSIH

Situbondo, 28 April 2016

Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan
 Kabupaten Situbondo



HERMAN SUCIPTO, AMAK
 Nip. 19590316 198201 1 001

Pemeriksa

HASMI EKA FITRIANI
 Nip. 19751003 200604 2 011

Lampiran E. Hasil Laboratorium Penelitian



PEMERINTAH KABUPATEN SITUBONDO
DINAS KESEHATAN
UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
Jln. Gunung Arjuno No. 09 Panji Telp. (0338)679781 Situbondo 68322
Email : labkessit@ymail.com

HASIL ANALISIS LABORATORIUM

No. Lab : 445/ 070 /431.201.7. 19/2016
Tanggal pemeriksaan : 22 – 24 JUNI 2016
Nama Pengirim : Herdian Riskianto
Petugas Pemeriksa : Hasmi Eka Fitriani, AMAK
Parameter Analisis : Kadar Fluor (mg/L)

Pengulangan	Kelompok Perlakuan			
	Kontrol	X ₁	X ₂	X ₃
1	2,40	1,01	0,45	0,01
2	2,31	0,91	0,50	0,09
3	2,25	0,82	0,40	0,06
4	2,39	0,85	0,44	0,02
5	2,35	0,81	0,49	0,07
6	2,38	0,93	0,51	0,04

Situbondo, 27 Juni 2016

Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan

Petugas Pemeriksa

Kabupaten Situbondo



HERMAN SUCIPTO, AMAK
 NIP.19590316 198201 1 001

HASMI EKA FITRIANI, AMAK
 NIP. 19751003 200604 2 011

Lampiran F. Hasil Uji Statistik Normalitas dan One Way Anova

1. Uji Normalitas Kelompok Kontrol

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		hasil
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,3118333
	Std. Deviation	,05750362
Most Extreme Differences	Absolute	,219
	Positive	,177
	Negative	-,219
Test Statistic		,536
Asymp. Sig. (2-tailed)		,936

a. Test distribution is Normal.

2. Uji Normalitas Kelompok Perlakuan Pertama (X_1)**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		hasil
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	-,4146667
	Std. Deviation	,07652886
Most Extreme Differences	Absolute	,192
	Positive	,192
	Negative	-,153
Test Statistic		,470
Asymp. Sig. (2-tailed)		,980

a. Test distribution is Normal.

3. Uji Normalitas Kelompok Perlakuan Kedua (X_2)**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		hasil
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	-,1061667
	Std. Deviation	,04230839
Most Extreme Differences	Absolute	,223
	Positive	,144
	Negative	-,223
Test Statistic		,546
Asymp. Sig. (2-tailed)		,927

a. Test distribution is Normal.

4. Uji Normalitas Kelompok Perlakuan Ketiga (X_3)**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		hasil
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,2090000
	Std. Deviation	,03060501
Most Extreme Differences	Absolute	,156
	Positive	,156
	Negative	-,148
Test Statistic		,382
Asymp. Sig. (2-tailed)		,999

a. Test distribution is Normal.

5. Tes Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

hasil

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,134	3	20	,128

6. Uji *One way Anova***ANOVA**

hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18,012	3	6,004	2,020E3	,000
Within Groups	,059	20	,003		
Total	18,072	23			

7. Uji *Post Hoc***Multiple Comparisons**

Kadar_Fluor

Tukey HSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	X1	1.45833*	.03148	.000	1.3702	1.5464
	X2	1.88167*	.03148	.000	1.7936	1.9698
	X3	2.29833*	.03148	.000	2.2102	2.3864
X1	Kontrol	-1.45833*	.03148	.000	-1.5464	-1.3702
	X2	.42333*	.03148	.000	.3352	.5114
	X3	.84000*	.03148	.000	.7519	.9281
X2	Kontrol	-1.88167*	.03148	.000	-1.9698	-1.7936
	X1	-.42333*	.03148	.000	-.5114	-.3352
	X3	.41667*	.03148	.000	.3286	.5048
X3	Kontrol	-2.29833*	.03148	.000	-2.3864	-2.2102
	X1	-.84000*	.03148	.000	-.9281	-.7519
	X2	-.41667*	.03148	.000	-.5048	-.3286

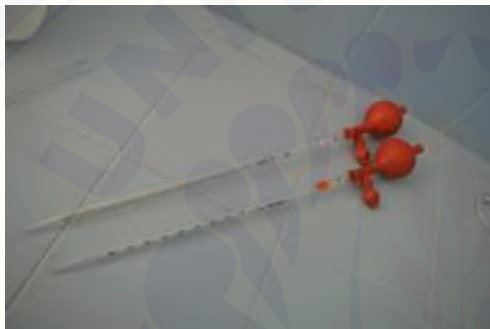
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Lampiran G. Dokumentasi Penelitian**G.1 Alat dan Bahan**

Gambar 1. Gelas Beaker Ukuran 1000 ml



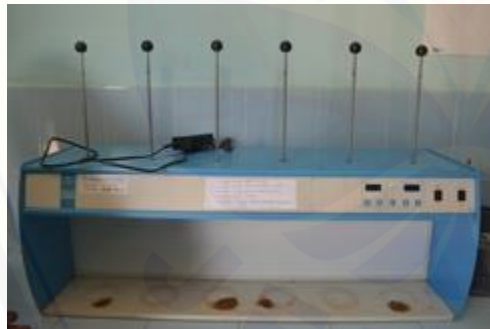
Gambar 2. Gelas Ukur Plastik 1000 ml



Gambar 3. Pipet Ukur dan Bulb



Gambar 4. Spatula



Gambar 5. Jar Test



Gambar 6. Timbangan Digital



Gambar 7. Jerigen



Gambar 8. Spektrofotometer



Gambar 9. Alat Tulis Menulis



Gambar 10. Stopwatch



Gambar 11. Kamera Digital



Gambar 12. Sendok Kayu



Gambar 13. Air Sampel dalam Jerigen



Gambar 14. Aquades



Gambar 15. Kapur

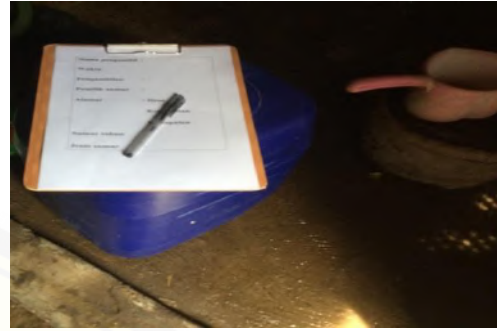


Gambar 16. Tawas

G.2 Prosedur Penelitian Pengambilan Air Baku



Gambar 1. Air Sumur Gali



Gambar 2. Siapkan Alat dan Bahan



Gambar 3. Ambil Air Menggunakan Timba



Gambar 4. Bilas Wadah Sebanyak Tiga kali



Gambar 5. Masukkan Air pada Wadah



Gambar 6. Tutup Rapat Wadah

G.3 Prosedur Penelitian Pembuatan Larutan Kapur



Gambar 1. Timbang Kapur Menggunakan Timbangan Digital



Gambar 2. Masukkan Kapur Pada Beaker Glass



Gambar 3. Masukkan Aquades Pada Beaker Glass



Gambar 4. Aduk Menggunakan Spatula

G.4 Prosedur Penelitian Pembuatan Larutan Tawas



Gambar 1. Timbang Tawas Menggunakan Timbangan Digital



Gambar 2. Masukkan Tawas Pada Beaker Glass



Gambar 3. Masukkan Aquades Pada Beaker Glass

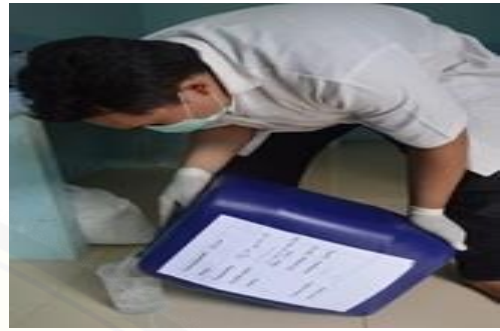


Gambar 4. Aduk Menggunakan Spatula

G.5 Prosedur Penelitian Pemberian Kapur dan Tawas Pada Air Baku



Gambar 1. Siapkan Sampel Air Baku



Gambar 2. Masukkan Sampel Air Baku Pada Gelas Ukur



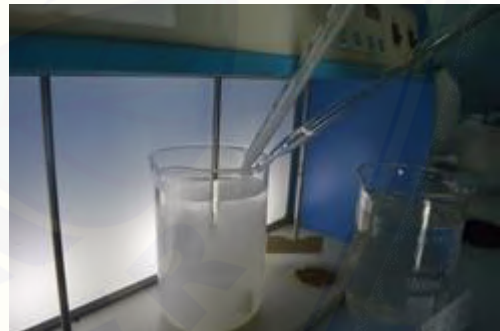
Gambar 3. Masukkan Sampel Air Baku Pada Beaker Glass



Gambar 4. Letakkan Sampel Air Baku Pada Jar test



Gambar 5. Ambil larutan Kapur dan Tawas Menggunakan Pipet Ukur



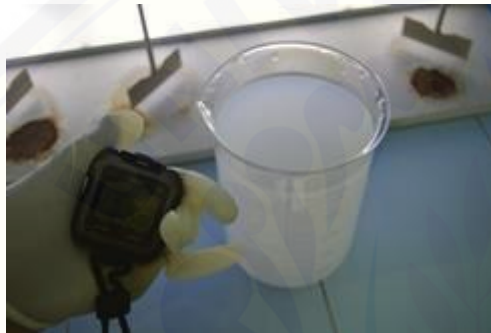
Gambar 6. Tambahkan Larutan Kapur dan Tawas Secara Bersamaan Pada Air Baku



Gambar 7. Aduk larutan menggunakan jar test dengan Kecepatan 140 RPM Selama 15 Menit (pengadukan Cepat)



Gambar 8. Aduk larutan menggunakan jar test dengan Kecepatan 40 RPM Selama 3 Menit (pengadukan lambat)



Gambar 9. Endapkan Larutan Selama 60 menit, Hitung Waktunya Menggunakan Stop Watch



Gambar 10. Pengukuran Kadar Fluor Menggunakan Alat Spektrofotometer, dalam pengoperasian dibantu oleh staf LABKESDA SITUBONDO

JEMBER

Lampiran H. Desain Alat Pengolahan Air Sumur Gali

