

**ANALISIS KUALITAS AIR (Mn, Cu, Zn, F⁻ dan Cl⁻) PADA MATA AIR
PEGUNUNGAN DESA SADAR, KECAMATAN TELLU LIMPOE,
KABUPATEN BONE**

**M ILHAM
H311 14 001**



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

**ANALISIS KUALITAS AIR (Mn, Cu, Zn, F⁻ dan Cl⁻) PADA MATA AIR
PEGUNUNGAN DESA SADAR, KECAMATAN TELLU LIMPOE,
KABUPATEN BONE**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

Oleh:

**MILHAM
H311 14 001**



MAKASSAR

2020

SKRIPSI

**ANALISIS KUALITAS AIR (Mn, Cu, Zn, F⁻ dan Cl⁻) PADA MATA AIR
PEGUNUNGAN DESA SADAR, KECAMATAN TELLU LIMPOE,
KABUPATEN BONE**

Disusun dan diajukan oleh:

**M ILHAM
H311 14 001**

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Utama



Prof. Dr. H. Abd. Wahid Wahab, M.Sc
NIP. 19490827 197602 1 001

Pembimbing Pertama



Dr. Hj. Nursiah La Nafie, M.Sc
NIP. 19580523 198710 2 001

“You’ll Never Walk Alone”

PRAKATA



Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Salawat beserta salam semoga senantiasa terlimpah kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, hingga kepada umatnya hingga akhir zaman.

Berhasilnya penyusunan skripsi dengan judul, “**Analisis Kualitas Air (Mn, Cu, Zn, F⁻ Dan Cl⁻) pada Mata Air Pegunungan Desa Sadar, Kecamatan Tellu Limpoe, Kabupaten Bone**” menandakan berakhirnya salah satu dimensi perjuangan syarat dalam memperoleh gelar sarjana sains di Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, semangat, dan doa dari orang-orang hebat yang penulis miliki, dengan setulus hati penulis menyampaikan terima kasih dan rasa cinta kepada orang tua penulis, Ayahanda **Serma Adama** dan Ibunda **Husna, S.Pd., M.Pd** yang tiada hentinya memberikan kasih sayang, perhatian, pengorbanan, kesabaran, dorongan materi, ketulusan doa, dan wejangan-wejangan untuk menyelesaikan jenjang perkuliahan ini, semoga Allah swt membalas pengorbanan mereka dengan Surga-Nya. Terima kasih pula untuk saudariku tercinta, **Annisa Cahyaramadhan** yang selalu menyemangati penulis untuk menyelesaikan pendidikan strata satu ini secepatnya, terima kasih atas motivasinya, semoga penulis dapat diberikan kesempatan untuk membahagiakan mereka semua.

Ucapan terima kasih dan penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini, terutama kepada bapak **Prof. Dr. Abdul Wahid Wahab, M. Sc** selaku pembimbing utama dan ibu **Dr. Nursiah La Nafie, M. Sc** selaku pembimbing pertama yang selalu mengarahkan, meluangkan waktu serta mendidik penulis selama menyelesaikan pendidikan, utamanya dalam penelitian ini. Penulis memohon maaf atas segala kesalahan selama persiapan penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai. Demikian pula kepada bapak **Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si** sebagai penasehat akademik yang senantiasa memberi semangat serta nasehat kepada penulis dari tahun ajaran pertama hingga penulis dapat menyelesaikan masa studi.

Pengerjaan penelitian, penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu **Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA.**, selaku rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Dekan FMIPA Unhas, **Dr. Eng, Amiruddin, S.Si, M.Si** serta seluruh staf FMIPA Unhas yang telah memberikan fasilitas dan kemudahan dalam rangka penyusunan skripsi ini
3. Bapak **Dr. Abd. Karim, M.Si** selaku Ketua Departemen Kimia dan Ibu **Dr. Siti Fauziah, M.Si** selaku sekretaris Departemen Kimia dan seluruh dosen yang telah membimbing dan membagi ilmunya kepada penulis selama menempuh pendidikan serta seluruh staf pegawai Departemen Kimia atas bantuannya.

4. Dosen penguji ujian sarjana kimia, yaitu Ibu **Dr. Rugaiyah A. Arfah, M. Si** selaku Ketua Tim Penguji, dan Ibu **Syadza Firdausiah, S. Si, M. Sc** selaku Sekretaris Tim Penguji yang telah banyak memberikan saran dan koreksi guna menyempurnakan penulisan ini.
5. Seluruh Staf Pegawai dan **Analisis Laboratorium** di Departemen Kimia, terkhusus untuk **Kak Fiby** selaku analis Laboratorium Kimia Analitik atas bantuan serta arahannya selama penelitian berlangsung.
6. Sahabat-sahabat sepenelitian **Ibrahim, Ririn, Rahma, Novi** dan **Liaw** atas kerjasama dan bantuan yang diberikan.
7. Analis dan tim di **PT. Sucofindo** yang telah banyak membantu sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.
8. Teruntuk Saudara-saudariku “**MIPA 2014 & PREKURSOR 2014**” yang telah telah memberi warna dalam hidup penulis baik itu suka maupun duka. Semoga kedepannya kita semua bisa menjadi lebih baik lagi.
“Kuat kita Bersama”
9. **Keluarga Mahasiswa Kimia Unhas**, sebuah wadah berkembang yang menyenangkan, kreatif, serta inovatif semoga tetap selalu progresif, wadah yang secara sederhana dapat menjadi tempat pulang. Salam “**HMK Tempat Kita Dibina, HMK Tempat Kita Ditempa**”.
10. **Keluarga Mahasiswa FMIPA Unhas**, tempat mengasah potensi diri, memupuk idealisme dalam suasana kekeluargaan dan kebersamaan. Tetaplah menjadi tempat merawat manusia agar dapat memberi arti bagi masyarakat. Salam “*Use Your Mind Be The Best*”.

11. **Hasanuddin English Community (HEC)**, yang telah meluangkan waktu untuk penulis dalam mengasah bahasa kedua serta memotivasi untuk *study abroad*, InsyaAllah.
12. **UKM KPI Unhas** sebagai wadah yang telah memperkenalkan penulis mengenai seluk beluk kepenulisan dan atas motivasi yang diberikan agar terus menghasilkan karya.
13. KKN Gel. 96 Kabupaten Takalar, Kecamatan Galesong, Posko Parasangan Beru: **Diky, Novy, Bunga dan Gaby**. Terima kasih atas kebersamaan dan pengalaman bersama selama di lokasi KKN.
14. Sahabat *Pondok Madinah*, **Yasin, Bahrn, Iqro', Ibe, Fakhri, Romi, Vitra, Fajri, Gaffar, Ricky (Yahya) dan Ardi**. Tetap jaga kebersamaan dalam bermajelis ilmu.
15. **Semua Pihak** yang tidak sempat penulis sebutkan satu-satu, terima kasih telah memberikan dukungan, bantuan, dan doa kepada penulis.

Penulis sadar akan segala kekurangan dalam penulisan skripsi ini, maka penulis sangat menghargai bila ada kritik dan saran demi penyempurnaan isi skripsi ini. Penulis hanya dapat berdoa agar termasuk ke dalam orang-orang yang diridhoi-Nya dan apa yang dikerjakan semoga bernilai ibadah disisi-Nya serta agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan orang-orang yang membacanya. Amiin.

Makassar, 17 Agustus 2020

Penulis

ABSTRAK

Air pegunungan Desa Sadar merupakan sumber air yang dimanfaatkan masyarakat untuk berbagai keperluan sehari-hari. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kadar logam mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), fluorida (F⁻) dan klorida (Cl⁻) pada air pegunungan Desa Sadar, Kecamatan Tellu Limpoe, Kabupaten Bone berdasarkan batas maksimum yang telah ditetapkan dalam PERMENKES RI No. 492 tahun 2010. Analisis kadar logam Mn, Cu, dan Zn menggunakan instrumen *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) dengan metode standar adisi. Analisis kadar fluorida menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan metode kurva kalibrasi sedangkan analisis klorida menggunakan metode titrasi argentometri Mohr. Hasil penelitian diperoleh kadar logam mangan kurang dari 0,4 mg/L, tembaga kurang dari 2 mg/L, seng kurang dari 3 mg/L, fluorida kurang dari 1,5 mg/L dan klorida kurang dari 250 mg/L. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa air pegunungan Desa Sadar, Kecamatan Tellu Limpoe, Kabupaten Bone masih memenuhi ambang batas kualitas air bersih khususnya untuk logam mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), fluorida (F⁻) dan klorida (Cl⁻) yang telah ditetapkan dalam PERMENKES RI No.492 tahun 2010.

Kata kunci : Air Pegunungan, ICP-OES , Kualitas Air, Spektrofotometer UV-Vis.

ABSTRACT

Sadar Village mountain water is a source of water that is used by the community for various daily needs. This research was conducted to analyze the levels of manganese (Mn), copper (Cu), zinc (Zn), fluoride (F⁻) and chloride (Cl⁻) in the mountain water of Sadar Village, Tellu Limpoe District, Bone Regency based on the boundary maximum determination in the Regulation of Health Ministry, Republic of Indonesia No. 492 of 2010. The concentration of Mn, Cu, and Zn were determined using the instrument of *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) with the standard addition method. Fluoride content was analyzed by the UV-Vis spectrophotometer with the calibration curve method while chloride analysis was determined by the Mohr argentometric titration method. Research results showed that manganese levels were less than 0.4 mg/L, copper were less than 2 mg/L, zinc were less than 3 mg/L, fluoride were less than 1.5 mg/L and chloride were less than 250 mg/L. Based on the study results it can be concluded that the mountain water of Sadar Village, Tellu Limpoe District, Bone Regency still meets the threshold of clean water quality especially for manganese (Mn), copper (Cu), zinc (Zn), fluoride (F⁻) and chloride (Cl⁻) in according with Regulation of Health Ministry, Republic of Indonesia number 492 of 2010.

Keywords: Mountain Water, ICP-OES, Water Quality, UV-Vis Spectrophotometer.

DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	ixx
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Maksud Penelitian.....	5
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Umum Air Bersih.....	7
2.2 Tinjauan Umum Tentang Parameter Kualitas Air.....	10
2.3 Tinjauan Umum Pencemaran Air.....	11
2.4 Tinjauan Umum Desa Sadar Kabupaten Bone.....	14
2.5 Tinjauan Umum Tentang Mata Air Pegunungan.....	16

2.6 Mangan (Mn).....	18
2.6.1 Mangan dalam Air.....	18
2.6.2 Toksisitas Mangan.....	19
2.7 Tembaga (Cu).....	20
2.7.1 Tembaga dalam Air.....	20
2.7.2 Toksisitas Tembaga.....	21
2.8 Seng (Zn).....	22
2.8.1 Seng dalam Air.....	22
2.8.2 Toksisitas Seng.....	23
2.9 Klorida (Cl ⁻).....	23
2.9.1 Klorida dalam Air.....	23
2.9.2 Toksisitas Klorida.....	24
2.10 Flourida (F ⁻).....	25
2.10.1 Flourida dalam Air.....	25
2.10.2 Toksisitas Flourida.....	26
2.11 Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrofotometer.....	27
2.11.1 Definisi ICP.....	27
2.11.2 Prinsip Kerja ICP-OES.....	28
2.12 Spektrometri Ultraviolet-Visibel (UV-VIS).....	29
BAB III METODE PENELITIAN.....	32
3.1 Bahan Penelitian.....	32
3.2 Alat Penelitian.....	32
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	32

3.4 Prosedur Penelitian.....	33
3.4.1 Penentuan Titik Pengambilan Sampel.....	33
3.4.2 Pengambilan Sampel (SNI, 2008).....	34
3.4.3 Preparasi Sampel (SNI, 2005; SNI, 2009; SNI 2015).....	34
3.4.4 Analisis Logam (Mn, Cu dan Zn) dengan ICP-OES.....	34
3.4.5 Analisis Flourida (F ⁻) dengan Spektrofotometer secara SPADNS	36
3.4.6 Analisis Klorida (Cl ⁻) secara Argentometri.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Analisis Kadar (Mn, Cu, Zn, F ⁻ dan Cl ⁻) pada Mata Air Pegunungan	40
4.2 Kualitas Air Pegunungan	42
4.2.1 Penentuan Kadar Logam dalam Air Pegunungan	42
4.2.2.1 Konsentrasi Logam Mangan (Mn)	43
4.2.2.2 Konsentrasi Logam Tembaga (Cu)	43
4.2.2.3 Konsentrasi Logam Seng (Zn)	44
4.2.2 Penentuan Kadar Flourida (F ⁻) dalam Air Pegunungan	45
4.2.3 Konsentrasi Klorida (Cl ⁻) dalam Air Pegunungan	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Perkiraan Distribusi Air di Bumi	8
2. Persyaratan Kualitas Air untuk Cemaran Logam.....	9
3. Sifat Fisika Air yang memenuhi syarat sebagai air minum	10
4. Penelitian tentang Analisis Kadar Logam, Flourida dan Klorida pada Sumber Air	11
5. Kandungan Bahan-bahan Terlarut dalam Air Tanah	17
6. Warna Komplementer dan Hubungannya dengan panjang gelombang.	30
7. Hasil Analisis Air Pegunungan Desa Sadar	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Skema perjalanan logam berat sampai ke tubuh manusia.....	14
2. Peta Kecamatan Tellu Limpoe.....	16
3. Sikus Hidrologi.....	18
4. Komponen Utama dan Susunan Instrument ICP-OES.....	29
5. Lokasi Pengambilan Sampel.....	34
6. Reaksi pembentukan kompleks SPADNS-ZrOCl ₂	45
7. Reaksi pembentukan zirkonil-flourida.....	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Skema Kerja Penelitian	56
2. Bagan Kerja.....	58
3. Perhitungan Pembuatan Pereaksi	67
4. Foto.....	72
5. Pengolahan Data.....	77
6. Pengukuran Debit Air.....	90
7. Persyaratan Kualitas Air Minum.....	91

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
ICP-OES	<i>Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer</i>
AAS	<i>Atomic Absorption Spectrometer</i>
UV-Vis	<i>Ultraviolet Visible</i>
MDPL	Meter Diatas Permukaan Laut
SNI	Standar Nasional Indonesia
PERMENKES	Peraturan Menteri Kesehatan
SPADNS	Natrium 2-(para sulfofenilazo) 1,8-dihidroksi-3,6-naftalen disulfonat
b	Intersep
m	Slope
Cs	Konsentrasi standar yang diadisi
V _x	Volume sampel
C _x	Konsentrasi sampel

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah salah satu elemen yang sangat penting bagi setiap makhluk hidup. Air berfungsi untuk menjaga kelangsungan makhluk hidup khususnya seperti air minum (Pradana, 2013). Air yang umumnya dibutuhkan adalah air yang memenuhi standar kualitas atau biasa disebut air bersih (Muttaqin, 2017). Air bersih adalah air bermutu yang dapat dikonsumsi dalam kehidupan sehari-hari.

Indonesia merupakan negara berkembang dengan jumlah penduduk terbesar keempat di dunia, namun tidak menjadikan Indonesia sebagai negara yang bebas dari permasalahan air bersih. Permasalahan sumber daya air bersih yang dihadapi oleh pemerintah dan masyarakat Indonesia adalah pencemaran air, seperti limbah masyarakat yang dapat menyebabkan penurunan kuantitas, kualitas, dan kontinuitas air (Kartiwa dan Parwitan, 2010). Keberadaan air yang tercemar dapat mengganggu sistem kehidupan, karena makhluk hidup membutuhkan air dengan kualitas yang bermutu dan kuantitas yang cukup, serta ketersediaannya harus memadai (Sari dkk., 2016).

Salah satu sumber air yang digunakan oleh manusia adalah mata air, seperti mata air pegunungan yang dianggap sebagai sumber mata air yang sempurna. Mata air pegunungan memiliki kualitas dan kuantitas yang bermutu, karena tidak dipengaruhi oleh beragam aktivitas manusia yang dapat menurunkan kualitas air tanah. Mata air pegunungan merupakan awal mula munculnya air tanah ke permukaan (Hendrayana, 2013). Air tanah yang baru keluar dari permukaan tanah

bebatuan umumnya masih sehat dan bersih, karena air tersebut telah mengalami penjernihan secara alami dengan bantuan lapisan batuan sehingga memberikan pengaruh kimiawi terhadap air (Yudianto, 2012; Muchamad, 2016).

Salah satu kabupaten yang terdapat di Sulawesi Selatan dan memiliki sumber mata air pegunungan adalah Kabupaten Bone. Kabupaten Bone merupakan kabupaten terbesar ketiga di Sulawesi selatan yang memiliki 27 kecamatan dengan total luas wilayah 4.559 km² atau 9,78%. Desa Sadar merupakan salah satu desa yang terdapat di Kabupaten Bone. Desa Sadar terletak di salah satu Kecamatan Tellu Limpoe dengan ketinggian rata-rata 600 mdpl. Desa Sadar memiliki sumber daya alam yang melimpah, salah satu diantaranya adalah sumber mata air. Oleh karena itu, sumber daya alam ini memiliki potensi untuk dijadikan sebagai sumber air mineral yang bermutu dan berkualitas, sebagaimana yang telah ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (BPS, 2017; BPS, 2018).

Air dan kesehatan merupakan dua hal yang saling berkaitan. Kualitas air yang dikonsumsi masyarakat menentukan derajat kesehatan masyarakat, khususnya air untuk minum (Agmalia dkk., 2013). Air minum merupakan kebutuhan esensial, namun dapat berpotensi sebagai media penularan penyakit, keracunan, dan sebagainya (Mujianto dkk., 2015). Slamet (2012), menyatakan bahwa air dalam tubuh manusia berkisar antara 50-70% dari seluruh berat badan. Air bagi kesehatan dapat ditinjau dari jumlah air yang ada didalam setiap organ, seperti 80% dari darah, 25% dari tulang, 75% dari urat syaraf, 80% dari ginjal, 70% dari hati, dan 75% dari otot. Kehilangan air sebesar 15% dari berat badan dapat mengakibatkan kematian yang disebabkan oleh dehidrasi.

Persyaratan kualitas air minum yang telah ditetapkan oleh Departemen Kesehatan Republik Indonesia melalui peraturan (KEPMENKES.RI No:492/MENKES/SK/IV/2010) menyatakan bahwa air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang telah memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan (2010), syarat-syarat air minum adalah tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak mengandung logam berat.

Keberadaan logam berat dalam kadar kelumit air tidak memberikan dampak negatif pada awal masuknya logam berat, akan tetapi logam tersebut akan terakumulasi dan bisa memberikan dampak negatif, serta efek kronis dalam tubuh. Beberapa syarat kadar maksimum logam yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan (PERMENKES) No. 492 (2010) yaitu mangan (0,4 mg/L) , tembaga (2 mg/L), seng (3 mg/L), klorida (250 mg/L), dan flourida (1,5 mg/L).

Salah satu metode analisis yang umum digunakan untuk menganalisis kandungan logam dalam berbagai macam sampel adalah *Atomic Absorption Spectrophotometry* (Gassing, 2005). Namun, metode tersebut memiliki beberapa kelemahan yaitu memiliki batas deteksi yang cukup tinggi (ppm). Oleh karena itu, digunakan metode *Inductively Coupled Plasma* dan variasi pengembangannya seperti ICP-OES (*Optical Emission Spectroscopy*) dan ICP-MS (*mass spectrometry*), karena di prediksi kadar mineral di Desa Sadar relatif rendah sehingga digunakan ICP-OES yang memiliki sensitivitas analisis yang lebih tinggi dibandingkan AAS (Mendoza dkk., 2013).

Terdapat beberapa penelitian mengenai analisis kadar logam dalam air seperti yang telah dilakukan oleh Muttaqin (2018), tentang analisis kandungan

logam tembaga dan seng dengan menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma* dalam air diperairan danau Linting yang menunjukkan bahwa kandungan logam tembaga berkisar antara 0,09-0,12 mg/L, sedangkan logam seng berkisar antara 0,24-0,32 mg/L, sehingga hal ini menunjukkan bahwa kualitas air di danau Linting memenuhi standar baku mutu air bersih, dimana baku mutu logam tembaga adalah 2 mg/L dan baku mutu logam seng adalah 2 mg/L (PERMENKES, 2010). Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Tarigan (2017), yang menganalisis kadar seng (Zn) dalam air sumur dengan menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma* diperoleh kadar 0,0647 mg/L. Adapun Turnip (2018), menganalisis kandungan logam mangan dalam air bersih terindikasi kadar yang terkandung yaitu 1,66902 mg/L, sehingga hal ini menunjukkan tidak memenuhi syarat baku mutu logam mangan dalam air yaitu 0,4 mg/L (PERMENKES, 2010).

Beberapa penelitian terkait lainnya yang dilakukan oleh Ngibad dan Dheasy (2019) yang menganalisis kadar klorida (Cl^-) dalam air sumur dengan menggunakan metode titrasi argentometri menunjukkan hasil bahwa parameter kualitas air berkisar antara 89 sampai 491 mg/L, sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar klorida baik dalam sampel air sumur melewati batas maksimal yang ditetapkan dalam PERMENKES tahun 2010 yaitu sebesar ≤ 250 mg/L.

Selain itu, Triwuri dan Hazimah (2018) meneliti tentang kandungan ion flourida (F^-) pada sampel air minum isi ulang di Kota Batam menunjukkan kadar ion flourida pada air minum isi ulang bervariasi antara 0,06 mg/L hingga 0,43 mg/L. Rentang kadar ini masih diperbolehkan berdasarkan PERMENKES tahun 2010 yaitu sebesar 1,5 mg/L.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kadar dan kualitas air pada mata air pegunungan di Desa Sadar, Kec. Tellu Limpoe, Kabupaten Bone. Adapun parameter uji dalam penelitian ini yaitu logam mangan (Mn), tembaga (Cu) dan seng (Zn) sedangkan parameter lainnya yaitu fluorida dan klorida dengan menggunakan Peraturan Menteri Kesehatan nomor 492 tahun 2010 sebagai standar acuan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. berapa konsentrasi mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), flourida (F⁻) dan klorida (Cl⁻) pada sumber mata air Desa Sadar, Kabupaten Bone?
2. bagaimana kualitas air dalam hal konsentrasi mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), flourida (F⁻) dan klorida (Cl⁻) pada mata air Desa Sadar Kabupaten Bone?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah menentukan kandungan mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), flourida (F⁻) dan klorida (Cl⁻) dan menentukan baku mutu mata air Desa Sadar, Kabupaten Bone.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan konsentrasi logam mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), flourida (F⁻) dan klorida (Cl⁻) pada sumber mata air Desa Sadar, Kabupaten Bone.

2. menentukan kualitas air dalam hal konsentrasi mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), flourida (F⁻) dan klorida (Cl⁻) pada mata air Desa Sadar Kabupaten Bone.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kandungan mineral mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), flourida (F⁻) dan klorida (Cl⁻) yang terdapat dalam sumber mata air pegunungan desa Sadar, Kab. Bone berdasarkan persyaratan kualitas air minum yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan nomor 492 pasal 1 tahun 2010, sebagai potensi dalam pengelolaan sumber daya alam yang berguna bagi pertumbuhan ekonomi masyarakat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Air Bersih

Air merupakan sumber kehidupan dan kebutuhan manusia yang paling penting. Kadar air yang terdapat pada tubuh manusia mencapai 68% dan untuk tetap bertahan hidup kadar air dalam tubuh harus seimbang dan dipertahankan. Kebutuhan air sangat mutlak bagi manusia karena merupakan zat pembentuk tubuh manusia yang terbesar yaitu 68% dari bagian tubuh manusia. Kebutuhan air minum setiap orang berbeda-beda mulai dari 2,1 liter hingga 2,8 liter per hari, tergantung pada berat badan dan aktivitasnya. Agar tetap dalam kondisi sehat, air minum yang dikonsumsi harus memenuhi persyaratan fisik, kimia maupun bakteriologis (Rahayu dan Hidayat, 2017).

Kebutuhan manusia akan air bersih sangat kompleks, antara lain untuk minum, masak, mandi, mencuci dan sebagainya. Demi untuk kelangsungan hidup, air harus tersedia dalam jumlah yang cukup dan berkualitas yang sangat memadai. Air yang kualitasnya baik disebut air bersih. Dalam kehidupan sehari-hari, pengertian air bersih adalah air yang dapat digunakan untuk keperluan memasak, minum dan mencuci tanpa harus diolah dan dibersihkan (secara fisik atau kimia) terlebih dahulu (Sunarya, 2001).

Menurut Kodoatie dan Roestam (2010), air akan selalu ada karena air tidak pernah berhenti bersikulasi dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer mengikuti siklus hidrologi. Jumlah air di bumi secara keseluruhan relatif tetap, yang berubah adalah wujud dan tempatnya. Namun, ketersediaan air yang

memenuhi syarat keperluan manusia relatif sedikit karena dibatasi oleh berbagai faktor. Seperti yang ditunjukkan pada (Tabel 1) bahwa lebih dari 97% air dimuka bumi merupakan air laut yang tidak dapat digunakan oleh manusia secara langsung. Dari 3% air yang tersisa, 2% diantaranya tersimpan sebagai gunung es (*glaciers*) dikutub dan uap air, yang juga tidak dapat dimanfaatkan secara langsung sehingga air yang benar-benar tersedia bagi keperluan manusia hanya 0,62% meliputi air yang terdapat di danau, sungai dan air tanah. Bila ditinjau dari segi kualitas air yang memadai bagi konsumsi manusia hanya 0,003% dari keseluruhan air yang ada (Effendi, 2003).

Tabel 1. Perkiraan Distribusi Air di Bumi (Effendi, 2003)

Lokasi	Volume Air (Km ³)	Persen
Air di daratan	37800	2,8
Danau air tawar	125	0,009
Danau air asin dan laut daratan	104	0,008
Sungai	1.25	0,0001
Uap air di tanah	67	0,005
Air tanah hingga kedalaman 4000 m	8350	0,61
Es dan glaisers	29200	2,14
Air di atmosfer	12	0,001
Air di lautan	1.320.000	97,2
Total Air di Dunia	1.360.000	100

Air merupakan sumber energi yang terpenting di dunia ini . Kelangsungan hidup manusia sangat ditentukan oleh ketersediaan air yang cukup secara kuantitas,

kualitas, dan kontinuitas (Arifiani dkk., 2007). Menurut PERMENKES (2010), air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan dapat diminum setelah dimasak. Standar kualitas air bersih yang ada di Indonesia saat ini menggunakan PERMENKES RI No 492/Menkes/Per/IX/2010 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air dan PP RI No.82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Tabel berikut ini memperlihatkan beberapa persyaratan kualitas air minum khususnya cemaran logam dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persyaratan Kualitas Air untuk Cemaran Logam (PERMENKES, 2010)

Logam	Kadar Maksimum yang diperbolehkan (mg/L)
Mangan	0,4
Tembaga	2
Seng	3
Flourida	1,5
Klorida	250

Masalah yang perlu mendapat perhatian dengan seksama dan cermati ialah ketersediaan air, karena untuk mendapatkan air yang bersih sesuai dengan standar, saat ini menjadi hal yang mahal karena air sudah banyak tercemar oleh bermacam-macam limbah dari hasil kegiatan manusia baik limbah dari kegiatan rumah tangga, limbah dari kegiatan industri dan kegiatan-kegiatan lainnya. Ketergantungan manusia terhadap air semakin besar sejalan dengan perkembangan penduduk yang semakin meningkat (Rahayu dan Hidayat, 2017).

2.2 Tinjauan Umum Tentang Parameter Kualitas Air

Air dengan rumus molekul H_2O merupakan salah satu diantara sekian banyaknya senyawa kimia yang terdapat di permukaan bumi ini. Satu molekul air tersusun dari dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen dengan satu atom oksigen. Air mempunyai sifat fisik yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa pada keadaan standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan suhu 273,15 °K (0 °C) (Asdak, 2010). Menurut PERMENKES (2010), persyaratan tentang kualitas air minum terdiri dari tiga elemen dasar yaitu:

- a. akses dan kuantitas air bersih, terdiri dari kecukupan kebutuhan air untuk kebutuhan hidup sehari-hari dan kelancaran suplai air untuk kebutuhan hidup sehari-hari dari PDAM
- b. kualitas air bersih, terdiri dari bau, warna, kekeruhan dan rasa.
- c. sarana atau fasilitas penyediaan air bersih, terdiri dari kualitas pemasangan pipa tersier (dari jaringan ke rumah) dan meteran air. Berikut ini sifat fisika air yang memenuhi syarat sebagai air minum dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat Fisika Air yang memenuhi syarat sebagai air minum (PERMENKES, 2010)

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
Warna	TCU	15	Tidak berasa dan berbau
Rasa dan bau	-	-	
Temperatur	°C	Suhu udara + 3°C	6,5 – 8,5
Kekeruhan	NTU	5	
pH	-	-	

Air merupakan kebutuhan manusia yang paling penting. Air minum harus memenuhi persyaratan fisik, kimia maupun bakteriologis agar tetap sehat

(Rahayu dan Hidayat, 2017). Batas maksimal cemaran mikroba yang diizinkan dalam kualitas air minum menurut peraturan menteri kesehatan yaitu total bakteri *Escherichia coli* maksimal 0 koloni/g (per 100 mL sampel) dan total bakteri *Coiliform* maksimal 0 koloni/g (per 100 mL sampel) (PERMENKES, 2010).

Berikut ini beberapa penelitian tentang analisis kadar logam, klor dan flourida yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penelitian tentang Analisis Kadar Logam, Flourida dan Klorida pada Sumber Air

Sumber	Kadar Logam (mg/L)	Peneliti (tahun)
Air Sumur, Binjai Utara	Zn = 0,004-0,053	Hutagalung, 2018
Air Sumur, Medan	Zn = 0,0647	Tarigan, 2017
Air Bersih, Medan	Mn = 1,66902	Turnip, 2017
Mata Air, Aceh	Mn = 0,0063	Lubis, 2018
Air Minum, Batam	F ⁻ = 0,06-0,43	Triwuri dan Hazimah, 2018
Air Bersih, Medan	F ⁻ = 0,01-0,63	Sellyni, 2013
Air Tanah, Banyumas	Cu = 0,0059	Noor, 2018
Air Danau, Medan	Cu = 0,09-0,12	Muttaqin, 2017
Air Sumur, Palembang	Cl ⁻ = 301,75	Huljani dan Rahma, 2018
Air Sumur, Sidoarjo	Cl ⁻ = 89-491	Ngibad dan Dheasy, 2019

2.3 Tinjauan Umum Pencemaran Air

Pencemaran atau polusi adalah suatu bentuk perubahan lingkungan dari bentuk asalnya menjadi keadaan yang lebih buruk. Pergeseran bentuk tatanan dari bentuk asal pada kondisi yang buruk ini terjadi akibat masuknya bahan-bahan pencemar atau polutan (Palar, 1994). Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 82 (2001), pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain kedalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air

turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Lingkungan perairan dapat dikatakan tercemar jika dimasuki bahan pencemar yang dapat mengakibatkan gangguan pada makhluk hidup yang ada di sekitar dan didalamnya (Awaluddin, 2015).

Naslilmuna dkk. (2018), mengemukakan air yang telah tercemar, baik oleh senyawa organik maupun anorganik akan mudah sekali menjadi media berkembangnya berbagai macam penyakit. Menurut Wardhana (2004) indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah dengan adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati dan dapat digolongkan sebagai berikut ini:

1. pengamatan secara fisis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu, dan adanya perubahan warna, bau dan rasa.
2. pengamatan secara kimiawi, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia terlarut, perubahan pH, timbulnya endapan, koloid dan bahan pelarut serta meningkatnya radioaktivitas air lingkungan.
3. pengamatan secara biologis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang berada dalam air, terutama ada tidaknya bakteri patogen.

Bertambahnya jumlah manusia sebanding dengan kebutuhannya terhadap air. Namun saat ini, ketersediaan air secara kuantitas dan kualitas semakin menurun. Oleh karena itu, wilayah perkotaan dan pedesaan terancam mengalami krisis air bersih. Permasalahan tersebut salah satunya diakibatkan oleh masuknya limbah ke badan sungai, danau dan atau air tanah akibat dari aktivitas manusia (Awaluddin, 2015). Air juga telah banyak mendapat pencemaran oleh aktivitas

manusia, Menurut Asmadi dan kasjono (2011), terdapat dua jenis pencemar air yang berasal dari:

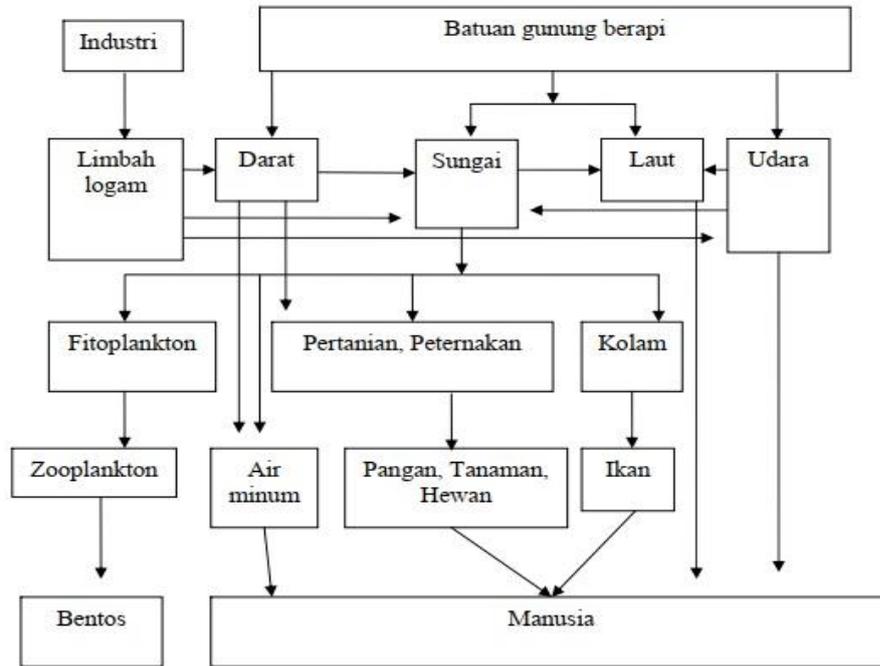
1. sumber domestik (rumah tangga) seperti perkampungan, kota, pasar, jalan, dan sebagainya.
2. sumber non-domestik seperti pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, serta sumber-sumber lainnya.

Logam berat merupakan salah satu jenis pencemar yang banyak menimbulkan kekhawatiran di lingkungan perairan Indonesia. Pencemaran logam berat cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya proses industrialisasi. Pencemaran logam berat dalam lingkungan bisa menimbulkan bahaya bagi kesehatan, baik pada manusia, hewan, dan tanaman, maupun lingkungan. Logam berat dibagi menjadi dua jenis yaitu (Widowati dkk., 2008):

1. logam berat esensial adalah logam dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme. Akan tetapi, logam tersebut bisa menimbulkan efek racun jika dalam jumlah yang berlebihan. Contohnya yaitu: Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain-lain.
2. logam berat tidak esensial adalah logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat racun. Contohnya yaitu: Hg, Cd, Pb, Cr, dan lain-lain.

Logam berat merupakan salah satu unsur pencemar perairan yang bersifat toksik dan perlu diwaspadai. Polutan logam mencemari lingkungan, baik di lingkungan udara, air, dan tanah yang berasal dari proses alami dan kegiatan industri. Pencemaran logam, baik dari industri, kegiatan domestik, maupun sumber alami dari batuan akhirnya sampai ke sungai atau laut dan selanjutnya mencemari

manusia melalui ikan, air minum, atau air sumber irigasi lahan pertanian sehingga tanaman sebagai sumber pangan manusia tercemar oleh logam (Widowati dkk., 2008). Berikut skema perjalanan logam sampai ke tubuh manusia (Gambar 1).



Gambar 1. Skema perjalanan logam berat sampai ke tubuh manusia (Widowati dkk., 2008)

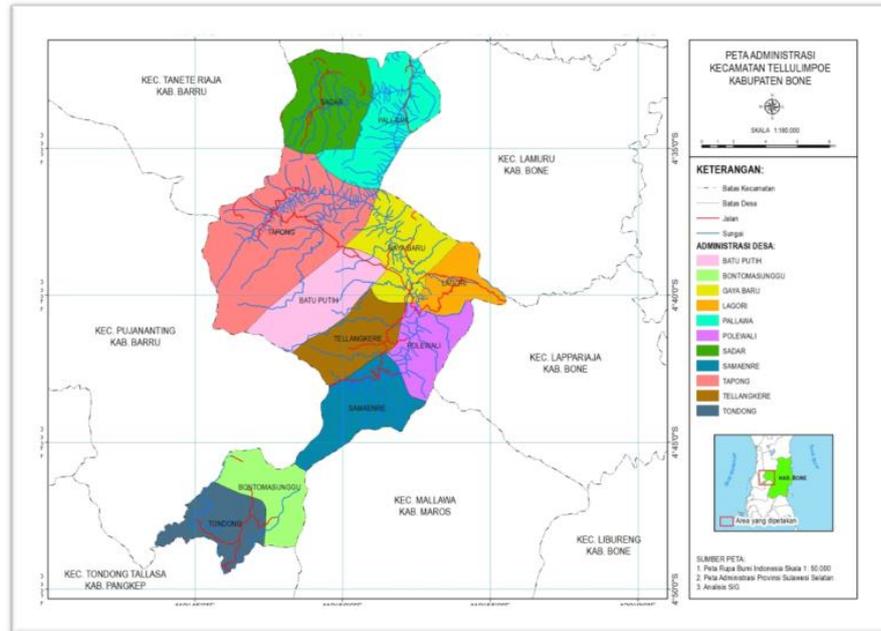
2.4 Tinjauan Umum Desa Sadar Kabupaten Bone

Kabupaten Bone merupakan salah satu kabupaten yang terletak di pesisir timur Provinsi Sulawesi Selatan dan berjarak sekitar 174 km dari Kota Makassar. Luas wilayahnya sekitar 4.559 km² atau 9,78% dari luas Provinsi Sulawesi Selatan. Wilayah yang besar ini terbagi menjadi 27 kecamatan dan 372 desa/kelurahan. Ibukota Kabupaten Bone adalah Watampone (BPS, 2017; BPS, 2018).

Desa Sadar merupakan salah satu desa di Kecamatan Tellu Limpoe dan merupakan daerah dengan dataran tinggi di Kabupaten Bone yang berada pada ketinggian 600 MDPL. Desa Sadar memiliki Luas wilayah yakni sekitar 42 km²

atau 13,20% dari luas Kecamatan Tellu Limpoe dengan jumlah penduduk sebanyak 1.408 jiwa. Berdasarkan keadaan topografinya Desa Sadar berupa lembah yang diapit oleh kelembapan udara berkisar antara 79% – 88% dengan temperatur berkisar 25,10 – 27,60 °C (BPS, 2017; BPS, 2018).

Desa Sadar terdiri atas 3 dusun yaitu Dusun Bungaejae, Dusun Lakariki dan Dusun Tone'e. Ketiga dusun tersebut memiliki banyak mata air yang muncul diberbagai titik, namun mata air di Dusun Bungaejae yang menjadi sumber air utama untuk masyarakat Desa Sadar baik musim kemarau atau kondisi lainnya. Tata air tersebut telah dialirkan sejak dulu kerumah-rumah warga yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari mulai dari mandi, mencuci, memasak dan keperluan rumah tangga lainnya karena kualitasnya yang dianggap baik, bahkan masyarakat setempat maupun masyarakat diluar Desa Sadar yang datang berkunjung seringkali meminumnya secara langsung tanpa diolah terlebih dahulu.



Gambar 2. Peta Kecamatan Tellu Limpoe (BPS, 2017)

2.5 Tinjauan Umum Tentang Mata Air Pegunungan

Mata air atau air tanah merupakan sumber daya alam terbarukan (*renewal natural resources*) sebagai pemasok utama dalam pemenuhan kebutuhan air khususnya untuk konsumsi sehari-hari (Hendrayana, 2013). Ketersediaan air tanah yang melimpah dan kemudahan untuk mendapatkannya sangat sesuai dengan kebutuhan masyarakat saat ini. Kualitas air merupakan aspek yang sangat mutlak untuk air layak konsumsi, baik untuk kebutuhan masak ataupun minum (Naslilmuna dkk., 2018).

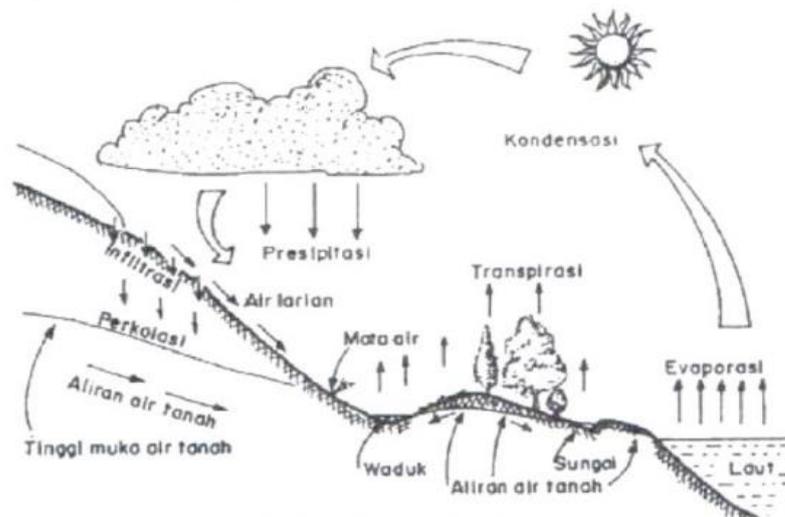
Mata air di daerah pegunungan dianggap sebagai sumber mata air yang sempurna, baik kuantitas maupun kualitasnya. Debit mata air di pegunungan umumnya besar dan menerus, karena di daerah ini umumnya merupakan daerah basah dengan intensitas curah hujan tinggi dan masih mempunyai daerah tangkapan air yang relatif baik. Kualitas air yang didapatkan sangat baik karena di daerah pegunungan dianggap sebagai awal pemunculan air tanah ke permukaan, dimana relatif belum banyak dipengaruhi oleh berbagai aktivitas manusia yang dapat menurunkan kualitas air tanah (Hendrayana, 2013).

Air tanah mengalir di bawah permukaan pada lapisan batuan jenuh air (akuifer), dan selama pengalirannya air tanah mengalami kontak langsung dengan mineral-mineral penyusun batuan maka terjadi berbagai proses fisika, kimia, dan biologi, sehingga air tanah mengandung bermacam zat dan mineral, yang akhirnya mempunyai kualitas yang berbeda di setiap tempat (Hendrayana, 2013). Hal ini yang menyebabkan air tanah mengandung mineral dan kandungan zat lain, baik yang memberikan dampak positif maupun negatif pada kesehatan manusia. Berikut ini merupakan tabel kandungan bahan-bahan terlarut dalam air tanah (Tabel 5).

Tabel 5. Kandungan Bahan-bahan Terlarut dalam Air Tanah (Effendi, 2003)

Ion Utama (1,0-1,000 mg/L)	Ion Sekunder (0,01-10,0 mg/L)	Ion Minor (0,0001-0,1 mg/L)	
Natrium	Besi	Arsen	Timbal
Kalsium	Aluminium	Barium	Litium
Magnesium	Kalium	Bromida	Mangan
Bikarbonat	Nitrat	Kadmium	Nikel
Sulfat	Flourida	Kromium	Fosfat
Klorida	Boron	Kobalt	Strontium
Silika	Selenium	Tembaga	Uranium
		Iodida	Seng

Menurut Asdak (2010), Siklus hidrologi memegang peran penting bagi kelangsungan hidup organisme bumi. Melalui siklus ini, ketersediaan air di daratan bumi dapat tetap terjaga, mengingat teraturnya suhu lingkungan, cuaca, hujan, dan keseimbangan ekosistem bumi dapat tercipta karena proses siklus hidrologi. Proses siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar (3)



Gambar 3. Siklus Hidrologi (Asdak, 2010)

Siklus hidrologi merupakan konsep dasar tentang keseimbangan air secara global dan juga menunjukkan semua hal yang berhubungan dengan air (Kodoatie dan Roestam, 2010). Asdak (2010) mendefinisikan daur hidrologi yaitu perjalanan air

dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti, air tersebut akan tetap tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya.

2.6 Mangan (Mn)

2.6.1 Mangan dalam Air

Mangan merupakan salah satu logam yang paling melimpah di kerak bumi, biasanya bersama besi. Mangan tidak ditemukan secara alami dalam bentuk murninya (ATSDR, 2004). Mangan dalam tabel periodik memiliki nomor atom 25. Mangan berwarna keperakan, keras namun sangat rapuh dan memiliki titik lebur yang sangat tinggi yaitu 1250 °C serta memiliki jari-jari atom yaitu 1,35 Å (Vogel, 1990). Logam mangan terdapat dalam bentuk ionnya yaitu Mn^{2+} , Mn^{4+} atau Mn^{7+} . Mangan terdapat secara alami di banyak sumber air permukaan dan air tanah, namun aktivitas manusia juga bertanggung jawab untuk banyaknya kontaminasi mangan dalam air (Widowati dkk., 2008).

Hanya 1% mangan dari alam yang dilepaskan ke air. Sumber utama mangan yang mencemari permukaan dan pelapisan air tanah adalah buangan limbah industri, pembuangan akhir, perlindian tanah, dan injeksi bawah tanah. Mangan dalam bentuk potassium permanganat dapat digunakan dalam pengolahan air minum untuk mengoksidasi dan menghilangkan zat besi dan kontaminan lainnya. Bentuk kimiawi mangan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti pH, potensi reduksi oksidasi dan keberadaan anion. Seringkali, mangan dalam air akan berkoagulasi menjadi sedimen tersuspensi. (Anonim, 2003).

2.6.2 Toksisitas Mangan

Toksisitas mangan relatif sudah tampak pada konsentrasi rendah. Kandungan mangan yang diizinkan dalam air yang digunakan untuk keperluan domestik yaitu dibawah 0,05 mg/L (Febrina dan ayuna, 2015). Mangan merupakan salah satu dari beberapa elemen penting beracun apabila memiliki konsentrasi yang terlalu tinggi di dalam tubuh, tetapi juga diperlukan oleh manusia untuk bertahan hidup. Pencemaran logam mangan berasal dari bahan zat akif di dalam batu baterai yang telah habis digunakan dan dibuang ke perairan (Sari dkk., 2016). Selain itu, sumber pencemaran logam mangan juga berasal dari aktivitas pertambangan (Achmad, 2004).

Kandungan mangan <0,5 mg/L tidak menimbulkan resiko kesehatan, meskipun menyebabkan perubahan warna, rasa atau bau pada air. Mangan pada permukaan air yang sangat bersih dengan ekosistem organisme air yang berkembang baik memiliki standar nilai dibawah 0,1 mg/L. Air ini dapat dikonsumsi oleh masyarakat dengan perlakuan umum terlebih dahulu, dijadikan sebagai konservasi binatang air tawar, tempat memancing dan rekreasi. Mangan pada permukaan air yang agak kotor memiliki konsentrasi 0,3 mg/L. Air ini dapat dikonsumsi setelah dilakukan perlakuan khusus dan pertanian. Sementara itu, Mangan pada permukaan air yang agak bersih memiliki konsentrasi 0,8 mg/L. Air ini dapat dikonsumsi setelah dilakukan beberapa proses khusus dan sebagai air industri (Dima, 2006).

Dalam jumlah yang kecil (<0,5 mg/L), mangan dalam air tidak menimbulkan gangguan kesehatan, melainkan bermanfaat dalam menjaga kesehatan otak dan tulang, berperan juga dalam pertumbuhan rambut, kuku serta membantu menghasilkan enzim untuk metabolisme tubuh untuk mengubah

karbohidrat dan protein membentuk energi yang akan digunakan. Akan tetapi dalam jumlah besar ($>0,5$ mg/L), Mn dalam air minum bersifat neurotoksik. Gejala yang timbul berupa gejala susunan syaraf, insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka sehingga ekspresi muka menjadi beku seperti topeng (Febrina dan Ayu, 2015).

2.7 Tembaga (Cu)

2.7.1 Tembaga dalam Air

Tembaga adalah logam dengan nomor atom 29, Massa atom $63,546$ cm³, titik lebur 1083 °C, titik didih 2310 °C, jari-jari atom $1,173$ Å dan jari-jari ion Cu²⁺ $0,96$ Å. Tembaga adalah salah satu logam transisi (golongan I B) yang berwarna kemerahan, mudah regang dan mudah ditempa (Aisyah dan Hardiani, 2009). Tembaga (Cu) merupakan logam berwarna kemerahan yang secara alami terdapat dalam batu, tanah, air, sedimen, dan dalam jumlah yang kecil di udara. Logam Cu juga secara alami terdapat dalam tanaman dan hewan (ATSDR, 2004). Selanjutnya menurut Vogel (1990), kelarutan tembaga sangat kecil dalam asam klorida maupun asam sulfat encer, akan tetapi dapat larut dalam asam nitrat dengan kepekatan sedang (8M).

Tembaga pada umumnya dapat masuk ke dalam tubuh manusia lewat udara, air, dan makanan. Makanan seperti roti beragi, kentang, tomat, sereal, daging, dan biji-bijian mengandung kadar tembaga yang cukup dibutuhkan oleh tubuh. Tembaga disimpan oleh manusia pada beberapa organ, diantaranya hati dan otot. Sebanyak 8%-10% kandungan tembaga tubuh berada pada hati, dan 50% ditemukan di otot dan tulang (Slamet, 2012).

Arifin (2008), menyatakan bahwa tembaga merupakan logam esensial yang jika berada dalam jumlah konsentrasi rendah dapat merangsang pertumbuhan organisme sedangkan dalam konsentrasi yang tinggi dapat menjadi penghambat. Selanjutnya oleh Palar (1994), menyatakan bahwa biota perairan sangat peka terhadap kelebihan tembaga dalam perairan sebagai tempat hidupnya. Konsentrasi maksimum tembaga sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492 tahun 2010 yang diperbolehkan dalam air minum adalah 2 mg/L.

2.7.2 Toksisitas Tembaga

Tembaga merupakan logam yang diperlukan dalam jumlah tertentu dan memainkan peranan fundamental dalam proses biokimia manusia, yang dikenal sebagai *trace element*. Tembaga termasuk logam esensial pada proses penggunaan besi dalam proses pembentukan hemoglobin dan dalam proses pematangan neutrophil (salah satu jenis sel darah putih). Hal penting dalam metabolisme tembaga adalah sifat kimia dari elemen dan kompleksnya karena sifat ini menentukan interaksi dengan elemen lainnya dalam proses-proses seperti absorpsi, respirasi, distribusi, serta toksisitas (Chairiyah, 2013; Palar, 1994).

Makanan dan minuman merupakan sumber utama paparan tembaga terhadap manusia di negara berkembang. Secara umum, konsumsi tembaga pada orang dewasa berkisar antara 1 hingga 3 mg/hari (Palar, 1994). Tembaga dalam jumlah yang tepat dapat menjadi nutrisi esensial karena diperlukan untuk membantu fungsi banyak sistem enzim penting di dalam tubuh. Amerika Serikat dan Kanada menetapkan *recommended dietary allowance* (RDA) tembaga untuk orang dewasa yaitu 900 µg/hari (IOM, 2001).

Tembaga adalah salah satu unsur mineral mikro yang sangat berperan dalam proses metabolisme tubuh. Kekurangan tembaga dapat menyebabkan tidak berfungsinya sistem enzim, sehingga sistem metabolisme dan fisiologi tubuh tidak bekerja secara normal dan menyebabkan gangguan dalam pembentukan darah. Sebaliknya, bila berlebihan akan menyebabkan toksisitas yang akan mengakibatkan kerusakan jaringan tubuh (Arifin, 2008).

2.8 Seng (Zn)

2.8.1 Seng dalam Air

Seng terletak pada golongan II B dalam sistem periodik unsur dengan nomor atom 30 dan densitas $7,133 \text{ gr/cm}^3$. Seng (Ar: 65,38) adalah logam putih kebiruan yang cukup mudah ditempa dan liat pada $110 - 150 \text{ }^\circ\text{C}$. Seng melebur pada suhu $410 \text{ }^\circ\text{C}$ dan mendidih pada $906 \text{ }^\circ\text{C}$. Logam murninya kurang larut dalam asam dan alkali. Seng mudah larut dalam asam klorida encer dan asam sulfat encer dengan mengeluarkan hidrogen (Vogel, 1990).

Seng (Zn) merupakan komponen alami yang terdapat di dalam kerak bumi dan merupakan bagian tak terpisahkan dari lingkungan. Seng terdapat di batuan, tanah, air, udara dan biosfer. Kadar seng di kerak bumi adalah sebesar 70 mg/kg berat kering yang bervariasi antara $10-300 \text{ mg/kg}$. Di beberapa lokasi tertentu, konsentrasi tinggi oleh proses geologi serta geokimia yang mampu mencapai $50.000-150.000 \text{ mg/kg}$ (Widowati dkk., 2008).

Toksisitas seng dalam air sangat bervariasi, misalnya logam seng pada konsentrasi $0,3 \text{ ppm}$ dalam air merupakan dosis letal untuk beberapa jenis siput dan ikan, sedangkan pada cacing *caddis* dapat menyesuaikan sampai 500 ppm . Beberapa faktor dapat mempengaruhi tingkat toksisitas seng dalam air salah

satunya apabila meningkatnya temperatur air antara 15,5-21,5 °C (Sumardjo, 2009).

2.8.2 Toksisitas Seng

Seng merupakan zat yang berbahaya jika masuk ke organ biologis dalam konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan keracunan, terutama pada hewan air seperti ikan, kepiting, dan rajungan. Logam seng mempunyai kecenderungan terakumulasi dalam organ biologis, terutama dalam bentuk ion, karena bentuk ion mempunyai kelarutan yang lebih besar dari lemak (Sumardjo, 2009).

Widowati dkk. (2008), mengemukakan bahwa Seng (Zn) dalam jumlah kecil merupakan unsur penting dalam proses metabolisme, sehingga ketika anak kekurangan seng (Zn), pertumbuhannya bisa terhambat. Seng (Zn) juga berperan dalam membantu penyembuhan luka, menyusun struktur protein dan membran sel. Namun terlalu banyak seng akan menyebabkan rasa pahit dan sepet pada air minum, dapat menyebabkan muntah, diare serta menyebabkan gangguan reproduksi sehingga PERMENKES (2010) hanya memperbolehkan kadar maksimum seng dalam air minum adalah 3 mg/L.

2.9 Klorida (Cl⁻)

2.9.1 Klorida dalam Air

Sekitar 3/4 dari klorin (Cl₂) yang terdapat di bumi berada dalam bentuk larutan. Unsur klor dalam air terdapat dalam bentuk ion klorida (Cl⁻). Ion klorida adalah salah satu anion anorganik utama yang ditemukan pada perairan alami dalam jumlah yang lebih banyak daripada anion halogen lainnya (Rahmi, 2013). Ion ini juga tidak dapat dioksidasi dalam keadaan normal dan tidak bersifat toksik tetapi

kelebihan garam klorida dapat menyebabkan penurunan kualitas air (Achmad, 2004). Proses pelapukan batuan dan tanah dapat melepaskan klorida ke sumber perairan karena sebagian besar klorida bersifat mudah larut. Oleh karena itu, sangat penting dilakukan analisa terhadap klorida, karena kelebihan klorida dalam air menyebabkan pembentukan noda berwarna putih di perpipaan air.

Konsentrasi maksimum klorida sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492 tahun 2010 yang diperbolehkan dalam air minum adalah 250 mg/L. Kadar klorida yang berlebihan menyebabkan air menjadi asin. Rasa asin tersebut akan bertambah akibat adanya limbah yang mencemari air maka apabila konsentrasi klorida semakin tinggi, dapat menyebabkan air semakin asin sehingga hal ini mengakibatkan menurunnya kualitas air tersebut (Huljani dan Rahma, 2018).

Klorida biasanya terdapat dalam bentuk senyawa natrium klorida (NaCl), kalium klorida (KCl), dan kalsium klorida (CaCl₂) Selain dalam bentuk larutan, klorida dalam bentuk padatan ditemukan pada batuan mineral sodalite [Na₈(AlSiO₄)₆] (Sinaga, 2016). Kelebihan ion klorida dalam air minum dapat merusak ginjal. Akan tetapi, kekurangan ion klorida dalam tubuh juga dapat menurunkan tekanan osmotik cairan ekstraseluler yang menyebabkan meningkatnya suhu tubuh (Ngibad dan Herawati, 2019).

2.9.2 Toksisitas Klorida

Klorida terdapat di alam dengan konsentrasi yang beragam. Kadar klorida umumnya meningkat seiring dengan meningkatnya kadar mineral. Kadar klorida yang tinggi, yang diikuti oleh kadar kalsium dan magnesium yang juga tinggi, dapat meningkatkan sifat korosivitas air (Effendi, 2003). Keberadaan klorida di dalam air

menunjukkan bahwa air tersebut telah mengalami pencemaran atau mendapatkan rembesan dari air laut (Rahmi, 2013).

Klorida digunakan sebagai desinfektan dalam penyediaan air minum diberbagai daerah di Indonesia. Klorida dalam jumlah banyak akan menimbulkan rasa asin, korosi pada pipa sistem penyediaan air minum. Sebagai desinfektan, residu klor di dalam penyediaan air sengaja dilakukan, tetapi klor dapat terikat pada senyawa organik dan membentuk hidrokarbon terklorinasi misalnya senyawa trihalometan (THMs), khlorophenol, khlorobenzene dan lainnya yang mana senyawa-senyawa tersebut mempunyai sifat karsinogen dan kadang-kadang mempunyai sifat mutagenik. Oleh karena itu, di berbagai negara maju sekarang ini, kloronisasi sebagai proses desinfeksi tidak lagi digunakan karena adanya anggapan bahwa senyawa klorida tersebut dapat memberi resiko buruk bagi kesehatan (Slamet, 2012; Sinaga, 2016).

Klorida biasanya digunakan sebagai disinfektan dalam penyediaan air minum. Pada konsentrasi yang tinggi, apabila klorida berikatan dengan Na, Ca dan Mg dalam air dapat menimbulkan rasa asin. Dampak yang ditimbulkan oleh klorida pada lingkungan yaitu pengkaratan atau dekomposisi pada logam karena sifatnya yang korosif sehingga dapat menyebabkan kerusakan ekosistem pada perairan terbuka atau eutrofikasi (Nugroho dan Purwoto, 2013).

2.10 Flourida (F⁻)

2.10.1 Flourida dalam Air

Soerahman dkk. (2012), flourida merupakan unsur kimia yang memasuki air melalui proses yang alami, salah satunya akibat adanya aktivitas pencucian batuan dasar atau lapisan tanah yang keras maka tinggi akan kandungan flouridanya. Flourida tidak pernah ditemukan dalam bentuk bebas di alam.

Umumnya flourida bergabung dengan unsur lain membentuk senyawa flourida. Air dengan suhu yang panas dan dengan nilai pH yang tinggi umumnya akan memiliki nilai kadar flourida yang tinggi (Fawell dkk., 2006).

Flourida pada umumnya ditemukan di alam sebagai sellaite (MgF_2), flouridaspar (CaF_2), cryolite (Na_3AlF_6) dan flouridaoapatit [$3Ca_3(PO_4)_2Ca(F,Cl_2)$]. Keberadaan flourida dalam air berasal dari degradasi mineral persenyawaan flourida yang ada dalam air tanah. Kandungan flourida dalam sampel air minum dipengaruhi oleh ketersediaan dan kelarutan mineral yang mengandung flourida, ruang dalam batuan atau tanah yang melaluinya misalnya kalsium, aluminium dan zat besi, yang dapat bergabung dengan flourida (Ambarkova dkk., 2007 dalam Triwuri dan Hazimah, 2018; Widana, dkk., 2014).

Kadar ion flourida dalam air tanah bergantung pada sifat geologis, kimia dan fisika serta iklim dari suatu area atau daerah. Mohaptra dkk. (2009), beberapa wilayah di dunia khususnya di daerah tropis ditemukan flourida dalam konsentrasi tinggi, sampai lebih dari 30 mg/L berada pada air tanah. Umumnya, mata air dan air sumur mengandung konsentrasi ion flourida yang lebih tinggi dibandingkan air permukaan seperti danau dan sungai dengan konsentrasi kurang dari 1 mg/L (Achmad, 2004). Kandungan ion flourida dalam air dapat meningkat oleh adanya kegiatan manusia seperti flouridasi pada air, pembuangan limbah, dan pengaruh dari kegiatan industri (Widana dkk., 2014).

2.10.2 Toksisitas Flourida

Flourida (F^-) adalah halogen yang sangat reaktif, karenanya di alam selalu didapat dalam bentuk senyawa. Flourida anorganik bersifat lebih toksis dan menyebabkan iritasi daripada flourida organik. Keracunan kronis menyebabkan orang menjadi kurus, pertumbuhan tubuh terganggu, terjadi flourosis gigi serta

kerangka, dan gangguan pencernaan yang dapat disertai dehidrasi. Pada kasus keracunan berat akan terjadi cacat tulang, kelumpuhan, dan kematian (Slamet, 2012).

Flourida adalah salah satu senyawa kimia yang terbukti dapat menyebabkan efek terhadap kesehatan melalui air minum. Air yang mengandung flouridamemiliki efek yang bermanfaat terhadap pencegahan karies gigi karena unsur flourida pada gigi akan membuat struktur gigi lebih kuat dan tahan terhadap asam pada konsentrasi tertentu, namun pada keterpaparan yang berlebihan dapat meningkatkan terjadinya efek yang tidak diinginkan (Nurmaidah dan Mahmudi, 2018; Fawell dkk., 2006). Peraturan Menteri Kesehatan telah menetapkan bahwa kadar maksimum yang diperbolehkan untuk air minum adalah sebesar 1,5 mg/L.

2.11 Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrofotometer

2.11.1 Definisi ICP

Inductively Coupled Plasma (ICP) adalah salah satu instrumen yang digunakan untuk menganalisis unsur berdasarkan ion yang tereksitasi dan memancarkan sinar. Intensitas cahaya yang terpancar pada panjang gelombang tertentu dan mempunyai karakteristik unsur tertentu yang terukur berhubungan dengan konsentrasi dari tiap unsur dari sampel (Syukur, 2011). Prinsip eksitasi elektron dalam suatu atom ke tingkat energi yang lebih tinggi, yang melandasi teori analisis spektrofotometri. Peristiwa ini hanya sementara, karena secara alami elektron-elektron akan kembali ke keadaan *ground state*. Atom-atom yang kembali pada keadaan dasar akan melepaskan energi. Energi inilah yang akan dianalisis sebagai pancaran radiasi yang khas. Setiap unsur telah memiliki jumlah garis emisi

yang dapat digunakan untuk analisis unsur tersebut (Botes, 2004; Ghosh dkk., 2013).

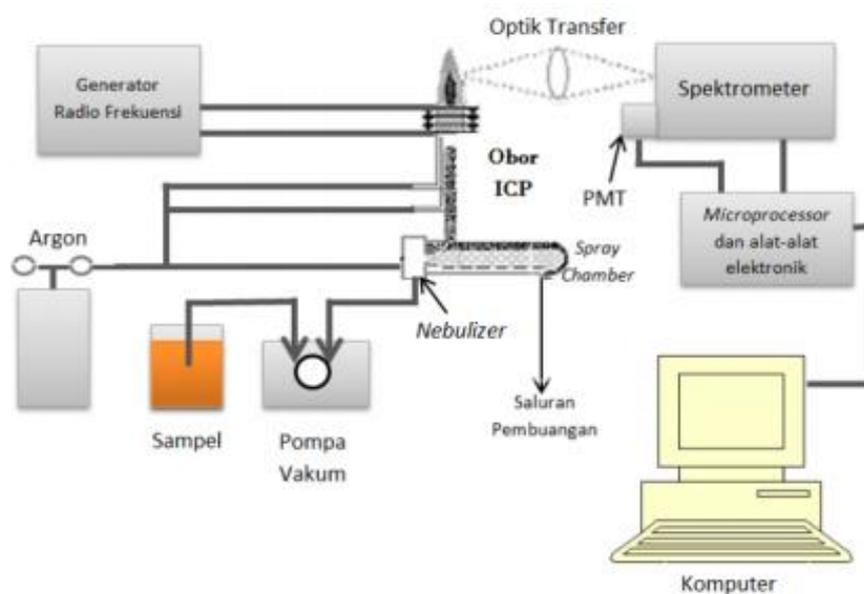
Atom bebas yang berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi termis, energi elektromagnetik, energi kimia dan energi listrik akan menimbulkan proses-proses atom bebas yang menghasilkan absorpsi (serapan) dan emisi (pancaran) radiasi dan panas. Radiasi yang dipancarkan ini khas, karena mempunyai panjang gelombang yang karakteristik untuk atom bebas tersebut. Adanya emisi radiasi dan absorpsi disebabkan karena adanya transisi elektronik, yaitu perpindahan elektron dalam atom, dari tingkat yang satu ke tingkat energi yang lain (Day dan Underwood, 1994).

2.11.2 Prinsip Kerja ICP-OES

Sampel larutan untuk analisis unsur-unsur dengan ICP-OES diubah dahulu menjadi aerosol oleh *nebulizer* dan kemudian diangkat oleh plasma argon. Sampel selanjutnya di dekomposisi, atomisasi, ionisasi kemudian terjadi eksitasi elektron. Eksitasi elektron hanya bersifat sementara karena elektron ini kemudian akan kembali pada keadaan semula (*ground state*), yaitu pada tingkat energi yang lebih rendah dengan memancarkan energi cahaya. Energi cahaya atau *foton* setelah eksitasi elektron memiliki karakteristik panjang gelombang yang khas. Intensitas cahaya yang dipancarkan inilah yang kemudian dianalisis untuk menentukan konsentrasi unsur-unsur tersebut (Yvon, 2000; Yodha dan Masriyanti, 2011).

Prinsip analisis yang digunakan oleh sistem *Spectro* ICP adalah spektroskopi pancaran optik atau *Optical Emission Spectroscopy*. Larutan yang dijadikan aerosol oleh *nebulizer* kemudian diuapkan oleh argon plasma. Atom dan

ion yang terkandung dalam uap plasma tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi kemudian *foton* dipancarkan. Radiasi yang dipancarkan dapat melewati spektrometer optik, kemudian didispersi ke dalam komponen spektral. Kekhasan panjang gelombang yang dipancarkan oleh masing-masing unsur, disesuaikan dengan aplikasi pengukuran yang disebut sebagai CCD (*Charge Coupled Device*). Intensitas radiasi berbanding lurus dengan konsentrasi unsur dalam sampel. Perbandingan ini dapat dilakukan dengan menggunakan kurva kalibrasi (Rouessac dan Rouessac, 2002 ; Kumar dkk., 2014). Skema alat ICP dapat diamati seperti yang terlihat pada Gambar (4).



Gambar 4. Komponen Utama dan Susunan Instrument ICP-OES (Ghosh dkk., 2013)

2.12 Spektrometri Ultraviolet-Visibel (UV-VIS)

Sinar ultraviolet dan sinar tampak merupakan suatu bentuk radiasi elektromagnetik dan dapat dianggap sebagai energi yang merambat dalam bentuk gelombang (Astrinungrum, dkk., 2010). Energi cahaya diserap oleh molekul dan

digunakan oleh elektron di dalam molekul tersebut untuk bertransisi ke tingkat energi elektronik yang lebih tinggi (Wahab dan La Nafie, 2014).

Berikut ini warna komplementer yang berhubungan dengan panjang gelombang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Warna Komplementer dan Hubungannya dengan Panjang Gelombang

Panjang gelombang (nm)	Warna yang diserap	Warna yang diamati
410	Violet	Kuning hijau
430	Biru	Kuning
480	Biru	Jingga
500	Hijau biru	Merah
530	Hijau	Merah ungu
560	Kuning hijau	Violet
580	Kuning	Biru violet
610	Jingga	Biru
680	Merah	Hijau biru
720	Merah ungu	Hijau

Menurut Wahab dan La Nafie (2014), peralatan dari spektrometer sinar tampak terdiri:

1. Sumber cahaya

Sumber cahaya tergantung pada daerah spektrum yang akan dieksplorasi. Spektrofotometer yang dirancang memiliki sumber cahaya tampak saja (vis) biasanya menggunakan sumber cahaya tungsten halogen. Sedangkan spektrofotometer yang dirancang memiliki sumber cahaya tampak (vis) dan ultraviolet (uv) menggunakan kombinasi lampu tungsten halogen dan lampu deuterium (D2), serta lampu xenon pada beberapa model spektrometer.

2. Monokromator

Monokromator berupa prisma, filter atau kisi difraksi yang berfungsi sebagai alat pemisah suatu pita panjang gelombang yang sempit dari spektrum panjang gelombang lebar yang terpancar dari sumber sinar.

3. Kompartemen sampel

Biasa juga disebut dengan kuvet yang merupakan wadah berisi larutan yang akan diukur. Kuvet yang digunakan untuk daerah tampak dapat terbuat dari kaca atau plastik sedangkan, kuvet untuk daerah sinar uv dan sinar tampak terbuat dari silika.

4. Detektor

Fungsi detektor adalah mengubah energi sinar menjadi arus listrik. Jenis detektor dapat bermacam-macam. Fotosel (*barrier layer cell*), tabung foto vakum (*vacuum phototube*) dan tabung penggandaan foton (*photomultiplier tube*) adalah jenis-jenis dari detektor sinar tampak.