

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Kajian Pustaka

Pengertian kajian pustaka secara umum adalah bahasan atau bahan-bahan bacaan terkait dengan suatu topik atau temuan dalam penelitian.¹ Kajian pustaka merupakan sebuah deskripsi tentang literatur yang relevan dengan bidang atau topik tertentu, yang memberikan tinjauan mengenai apa yang telah dibahas oleh penulis atau peneliti, teori-teori dan hipotesis yang mendukung, permasalahan yang diajukan, metode dan metodologi yang sesuai.

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa karya yang berkaitan dengan penelitian ini sebagai acuan dan rumusan berpikir. Adapun kajian pustaka tersebut di antaranya:

Dedi Kusnadi, Dkk., (2007), dalam Proceeding pemaparan hasil kegiatan lapangan dan non lapangan pusat sumber daya geologi yang berjudul “Goelogi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Bonjol Kabupaten Pasaman, Sumater Barat” menyebutkan bahwa karakteristik dan tipe air panas yang dievaluasi dengan diagram segi tiga $\text{Cl-SO}_4^{2-}\text{-HCO}_3^-$, Na-K-Mg, dan Cl-Li-B mengacu kepada Giggenbach (1988). Mata air panas di daerah Bonjol : air panas Takis, air panas sungai Limau, air panas Kambahan dan air panas Padang Baru, termasuk tipe

¹ Punaji Setyosari, *Metode Penelitian Pendidikan dan Pengembangan*, (Jakarta: Kencana, 2010), hlm. 72

klorida. Konsentrasi klorida yang lebih tinggi dari pada konsentrasi SO_4^{2-} ataupun HCO_3^- , adanya indikasi *deep water*. Fluida uap panas tersebut, berhubungan dengan sumber panas bumi berinteraksi dengan batuan di sekitarnya terjadi pencampuran dengan air permukaan membentuk pemunculan mata air panas bersifat netral ($\text{pH} = 6,50-7,50$).²

I Wayan Arthana (2006), dalam skripsi yang berjudul “Studi Kualitas Air Beberapa Mata Air Di Sekitar Begundul, Bali”, menyebutkan nilai keasaman (pH) di mata air masih tergolong normal yaitu 6-9. Meskipun demikian di mata air Buyan, sedikit asam dengan nilai pH hanya 6,07. Sedangkan mata air lain kandungan pH-nya di atas 7,5. Begitu juga pH air danau nilainya juga di atas 7,5. Rendahnya nilai pH di mata air Buyan berkaitan dengan nilai sulfatnya yang tertinggi yang mencapai 15,55 mg/l dibandingkan dengan sulfat di mata air Gesing yang hanya 0,436 mg/l dan di mata air Pura Teratai Bang (PRTB) yang hanya mencapai 7,56 mg/l. Dengan nilai sulfat yang tinggi, maka kandungan asam sulfatnya juga lebih tinggi, yang berakibat terhadap menurunnya pH. Kandungan kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) di mata air Buyan yang masing-masing 14,30 mg/l dan 7,840 mg/l merupakan yang tertinggi dari dua mata air yang lain. Ca dan Mg adalah dua unsur utama yang menentukan

² Dedi Kusnadi, Dkk., *Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Bonjol Kabupaten Pasaman, Sumatera Barat*, (Proceeding pemaparan hasil kegiatan lapangan dan non lapangan pusat sumber daya geologi, 2007). Hlm.5

tingkat kesadahan total air. Awalnya, kesadahan ini dikenal sebagai kapasitas ukuran air dalam melarutkan sabun. Sabun akan dapat dengan mudah dilarutkan dengan kehadiran ion Ca dan Mg (APHA,1985).³

Ninieck Rina Herdinata dan Wulandari Mandradewi (2009), dalam jurnal geoaplika yang berjudul “*Evolution of Cisolok-Cisukarame Geothermal System, West Java- INDONESIA Based on its Surface Manifestation*”, memberikan data mengenai kandungan mineral pada sumber air panas Cisolok-Cisukarame yang memiliki perbedaan yang cukup tinggi.⁴ Tabel 1 berikut adalah hasil analisa kimia air panas Cisolok dan Cisukarame. Data dari priadi dan Herdinata (2005) sebagai perbandingan.

Tabel 1. Hasil analisa kimia air panas Cisolok dan Cisukarame. Data dari priadi dan Herdinata (2005) sebagai perbandingan.

Paramater	Unit	Sample Number			
		Priadi and Herdianita (2005)	CSL-01	CSL-07	CRM
Temperathure	°C	87	103	90	46
pH	-	6.9	8.3	7.9	7.7
pH (lab, 25°C)	-	7.00	7.24	8.32	8.48
TDS	mg/L	-	3360	1510	118
EC	µS/cm	-	4800	2160	164
Ca ²⁺	mg/L	-	68.82	50.05	1.19

³ I Wayan Arthana, *Studi Kualitas Air Beberapa Mata Air Di Sekitar Begundul, Bali*, (Tesis, 2006). Hlm.5-6

⁴ Ninieck Rina Herdinata dan Wulandari Mandradewi, *Evolution of Cisolok-Cisukarame Geothermal System, West Java- INDONESIA Based on its Surface Manifestation*, (Jurnal Geoaplika, volume 5, nomor 1, 2009). Hlm.52

Mg ²⁺	mg/L	-	28.10	8.34	2.52
Cl ⁻	mg/L	284.00	369.86	369.86	6.73
F	mg/L	-	1.033	1.033	0.290
SO ₄ ²⁻	mg/L	609.02	268.04	187.45	12.52
Na ⁺	mg/L	-	1022.59	325.37	79.05
K ⁺	mg/L	-	77.33	24.92	0.52
Fe	mg/L	-	0.144	0.093	-
B	mg/L	-	0.000	0.072	0.003
NH ₄	mg/L	-	0.475	0.673	-
SiO ₂	mg/L	159.69	12.22	13.55	20.19
CO ₃ ²⁻	mg/L	-	28.64	6.51	16.38
HCO ₃ ⁻	mg/L	142.56	1416.36	201.20	154.64
As ³⁺	mg/L	0.4	0.0414	0.0476	0.0094
Li ⁺	mg/L	-	0.179	0.175	0.014
Anion	-	-	39.23	17.63	2.98
Kation	-	-	52.20	17.97	3.72
Δ _{Anion-Cation}	%	-	14.19	0.96	10.94
Cl/Mg	-	-	20.23	68.71	4.14
Mg/Ca	-	-	0.30	0.12	1.54
Na/Mg	-	-	87.02	93.29	75.01
Ca/Mg	-	-	1.47	3.60	0.28
Na/K	-	-	22.42	22.14	257.78
HCO ₃ /SO ₄	-	0.15	3.36	0.68	7.85

Sumber: Jurnal Geoaplika (2010), Volume 5, Nomor 1, hal 52

Dalam sebuah file tentang mata air panas Sangkahurip, airnya berbeda dengan air mineral di beberapa titik mata air panas lain di daerah pegunungan. Air Sangkanhurip mengandung berbagai mineral dan renik dalam air hangatnya. Menurut hasil penelitian, air panas Sangkanhurip mempunyai kandungan seperti Sulfat (SO₄²⁻), Silikon dioksida (SiO₂), dan Klorida (Cl⁻) dengan konsentrasi tinggi. Meskipun letaknya di dekat Gunung Ciremai,

air itu mengandung endapan marin, yang berarti air panas itu tak berhubungan dengan aktivitas Ciremai.⁵

Dalam file liburan info mata air panas Ciater yang menyebutkan bahwa sumber air tersebut mengandung belerang, yang mana berdasarkan tes laboratorium merupakan unsur yang cukup penting untuk perawatan berbagai penyakit apabila dilakukan secara teratur. Selain itu hasil analisa Balneologi membuktikan, sumber air hangat mineral yang ada mengandung Kalsium, Magnesium, Klorida, Sulfat, Thermo, Mineral, Hypertherma dengan kadar Alumunium yang tinggi (38,5 equiv persen) dan keasaman yang tinggi yaitu pH 2,45. ⁶

Ahmad Farid Mustaqim (2011), dalam skripsi yang berjudul “studi Potensi dan Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Guci Kabupaten Tegal”, menyebutkan bahwa aliran sungai Guci mempunyai potensi yang besar untuk dikembangkan PLTMH, yaitu dengan debit 1,005 m³/s, ketersediaan air yang selalu ada dengan curah hujan rata-rata 660 mm/bulan dan memliki potensi head 9,6 m.⁷

⁵ Alam Priangan, *air panas sangkahurip*, seni dan pariwisata Jawa Barat, 2011, dalam <http://alampriangan.wordpress.com/2011/04/21/air-panas-di-sangkanhurip/> diakses pada tanggal 23 Januari 2013

⁶ Anonim, *Mata air panas Ciater*, Liburan.Info, dalam <http://liburan.info/content/view/233/43/lang,indonesia/> diakses pada tanggal 23 Januari 2013

⁷ Ahmad Farid Mustaqim, *studi Potensi dan Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Guci Kabupaten Tegal*, (jurnal penelitian, 2011), dalam www.e-

Dian Nur Amalia (2011), dalam tesis yang berjudul “Analisis Implementasi Kebijakan Pemanfaatan Sumber Air Panas Alam Cagar Alam Guci Kabupaten Tegal”, menyebutkan bahwa Karakteristik lingkungan kebijakan yang berpengaruh dalam implementasi kebijakan pemanfaatan sumber air panas alam CA Guci adalah kondisi lingkungan, kondisi sosial ekonomi masyarakat, karakteristik lembaga, komunikasi, komitmen implementor, dan dukungan publik terhadap kebijakan. CA Guci yang memiliki potensi mata air panas alami telah berkembang menjadi obyek wisata andalan bagi masyarakat dan pemerintah daerah sejak tahun 1980-an. Permasalahan terkait eksistensi sebagian kawasan CA Guci yang telah mengalami perubahan menjadi kawasan wisata yang hingga saat ini belum terselesaikan, selain disebabkan karena dinamika perubahan kelembagaan kehutanan yang sangat dinamis yang mempengaruhi sistem kerja dalam pengelolaan CA Guci, juga disebabkan karena komunikasi dan komitmen antar instansi dan masyarakat belum berjalan optimal. Proses usulan perubahan sebagian kawasan CA Guci menjadi kawasan Taman Wisata Alam, tengah berlangsung hingga saat ini.⁸

journal.ups.web.id/index.php/eng/article/download/87/93 diakses pada tanggal 25 september 2013

⁸ Dian Nur Amalia, *Analisis Implementasi Kebijakan Pemanfaatan Sumber Air Panas Alam Cagar Alam Guci Kabupaten Tegal*, (Tesis, 2011), dalam http://eprints.undip.ac.id/31724/1/Halaman_depan.pdf diakses pada tanggal 25 september 2013

Harapan dari peneliti untuk penelitian ini adalah dapat mengetahui kandungan mineral dalam air panas Guci-Tegal khususnya mineral Sulfat (SO_4^{2-}), Klorida (Cl^-), Magnesium (Mg), dan Kalsium (Ca), yang merupakan penelitian lanjutan dari penelitian-penelitian yang membahas tentang obyek wisata Guci, Tegal.

B. Kerangka Teoritik

1. Air

Air menutupi sekitar 70% permukaan bumi, dengan jumlah sekitar 1.368 juta km^3 (Angel dan Wolseley, 1992).⁹ Dari jumlah tersebut, 97.23% adalah air laut, 2.15% es dan salju, dan sisanya 0.62% adalah air tawar yang berada di daratan (danau, sungai, dan air tanah). Soerjani, (1987:60) mendeskripsikan prosentase bentuk air tawar terhadap air di bumi adalah: air tanah 0.695%, air permukaan 0.027%, air atmosfer 0.001%, dan salju 2.063%.¹⁰

Air terdapat dalam berbagai bentuk, misalnya uap air, es, cairan dan salju. Air tawar terutama terdapat di sungai, danau, air tanah (*ground water*), dan gunung es (*glacier*). Semua badan air di daratan dihubungkan dengan laut dan atmosfer melalui siklus hidrologi yang berlangsung secara

⁹ Hefni Efendi, *TELAAH KUALITAS AIR bagi pengelola sumber daya dan lingkungan perairan*. Hlm. 22

¹⁰ Sofyan Anwar Mufid, *Ekologi Manusia dalam perspektif sektor kehidupan dan ajaran Islam*, (Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2010). hlm.155

kontinu. Lingkungan air yang begitu luasnya sangat berpengaruh terhadap iklim. Karena air lebih sulit menjadi panas dibanding litosfer maka di siang hari air lebih dingin dari pada tanah, dan pada malam hari air akan lebih lambat menjadi dingin sehingga air lebih panas daripada di daratan ketika malam hari, dengan demikian cuaca daerah pantai tidak terlalu banyak berubah-ubah dibandingkan dengan daerah pegunungan. Cuaca berpengaruh terhadap lingkungan air, sehingga terjadi aliran-aliran di dalam badan air. Air yang berasal dari daerah tropis akan mengalir ke daerah yang lebih dingin (ke arah kutub) di permukaan laut, sehingga lapisan air bagian dalam mengalir ke arah yang sebaliknya, yaitu daerah kutub ke daerah tropis, arah aliran ini sangat dipengaruhi oleh rotasi bumi, bulan, dan matahari.

Sekalipun air jumlahnya relatif konstan tetapi air tidak diam, melainkan bersirkulasi akibat pengaruh cuaca sehingga terjadi suatu siklus yang disebut siklus hidrologis.¹¹ Siklus hidrologis penting karena siklus inilah yang mensuplai daerah daratan dengan air, siklus ini adalah salah satu proses alami untuk membersihkan dirinya, dengan syarat bahwa kualitas udara cukup bersih, apabila udara tercemar maka hujan juga akan ikut tercemar karena turunnya hujan ataupun salju

¹¹ Juli Soemirat Slamet, *Kesehatan Lingkungan*, (Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 2009). Hlm.79-81

merupakan proses alamiah yang membersihkan atmosfer dari segala debu, gas, uap, dan aerosol.

Siklus air atau siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Terjadinya siklus hidrologi seperti dijelaskan dalam Al-Qur'an surat An-Nuur ayat 43, yaitu:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ يُزِيجُ سَحَابًا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيْنَهُ ثُمَّ يَجْعَلُهُ رُكَامًا فَتَرَى
الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلَالِهِ وَيُنزِلُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ جِبَالٍ فِيهَا مِنْ
بَرَدٍ فَيُصِيبُ بِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَصْرِفُهُ عَنِ مَنْ يَشَاءُ يَكَادُ سَنَا بَرْقُهُ
يَذْهَبُ بِالْأَبْصَارِ ﴿٤٣﴾

Tidaklah kamu melihat bahwa Allah mengarak awan, kemudian mengumpulkan antara (bagian-bagian) nya, kemudian menjadikannya bertindih-tindih, Maka kelihatanlah olehmu hujan keluar dari celah-celahnya dan Allah (juga) menurunkan (butiran-butiran) es dari langit, (yaitu) dari (gumpalan-gumpalan awan seperti) gunung-gunung, Maka ditimpakan-Nya (butiran-butiran) es itu kepada siapa yang dikehendaki-Nya dan dipalingkan-Nya dari siapa yang dikehendaki-Nya. Kilauan kilat awan itu Hampir-hampir menghilangkan penglihatan. (Q.S. An-Nuur/24: 43).¹²

Menurut para ilmuwan sains dan teknologi, persyaratan bagaimana hujan dapat turun adalah dimulai dari adanya awan yang membawa uap air, awan ini disebut dengan

¹² Kementrian Agama Ri, *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, jilid VI, juz 16-18, (Jakarta: Lentera Abadi, 2010), hlm. 618

awan *cumulus*.¹³ Air hujan yang turun tidaklah air murni karena zat-zat kimia yang dikandung udara ikut terbawa bersama hujan. Kemudian air hujan ini akan terus mengalir dari tempat yang tinggi menuju tempat yang rendah yang akhirnya bermuara di laut, dan siklus hidrologi terus berlanjut. Dari siklus hidrologis dapat dilihat adanya berbagai sumber air tawar yang dapat pula diperkirakan kualitas dan kuantitasnya secara sepintas. Sumber-sumber air tersebut adalah air permukaan yang merupakan air sungai dan danau, air tanah yang tergantung kedalamannya bisa disebut air tanah dangkal atau air tanah dalam, air angkasa yaitu air yang berasal dari atmosfer seperti hujan dan salju. Kualitas berbagai sumber air tersebut berbeda-beda sesuai dengan kondisi alam serta aktivitas manusia yang ada disekitarnya.

Air tanah dapat melarutkan mineral-mineral bahan induk dari tanah yang dilewatinya, sebagian besar mikroorganisme yang semula ada dalam air tanah berangsur-angsur disaring sewaktu air meresap dalam tanah. Terdapat perbedaan yang cukup besar antara air tanah dengan air permukaan, hal ini disebabkan oleh kandungan berbagai zat, baik yang terlarut maupun yang tersuspensi dalam perjalanan menuju laut. Air permukaan yang terkumpul dalam danau atau

¹³ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, jilid VI, juz 16-18, hlm. 620

waduk mengandung nutrisi penting untuk pertumbuhan ganggang.

Air permukaan yang mengandung bahan organik mudah terurai dalam konsentrasi tinggi secara normal akan mengandung bakteri dalam jumlah yang tinggi pula yang mempunyai pengaruh cukup besar terhadap kualitas air permukaan.¹⁴ Ada keterkaitan yang sangat kuat antara lapisan air dimana air berada dengan lapisan tanah dimana keduanya dipengaruhi oleh kegiatan manusia. Air juga merupakan pelarut universal karena dapat melarutkan berbagai macam zat kimia, seperti garam-garam, gula, asam, dan beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.

Air mempunyai konstanta dielektrik yang sangat tinggi sehingga berpengaruh besar terhadap sifat-sifat pelarutnya, hal ini menyebabkan banyak sekali senyawa ionik berdisosiasi dalam air. Kapasitas kalor air yang cukup tinggi yaitu $1 \text{ kal g}^{-1} \text{ C}^{-1}$ menyebabkan kalor yang diperlukan untuk merubah suhu dari sejumlah massa air cukup tinggi pula, sehingga menstabilkan suhu air pada seluruh wilayah geografi.¹⁵ Sifat alamiah air dapat mencegah perubahan suhu secara tiba-tiba dalam badan air yang cukup luas dan juga dapat melindungi kehidupan akuatik dari adanya kejutan perubahan suhu. Disamping itu, dengan kalor penguapan yang

¹⁴ Rukaesih Achmad, *Kimia Lingkungan*, (Yogyakarta: Penerbit Andi, 2004). Hlm. 17

¹⁵ Rukaesih Achmad, *Kimia Lingkungan*. Hlm. 19

sangat tinggi yaitu 585 kal.g^{-1} pada suhu 20°C dapat menjaga kestabilan suhu badan air dan wilayah geografis sekitarnya, kondisi ini mempengaruhi juga perpindahan kalor dan uap air antar badan air dan atmosfer.

Air memiliki tegangan permukaan yang tinggi yang menyebabkan air memiliki sifat membasahi suatu bahan secara baik (*higher wetting ability*). Tegangan permukaan yang tinggi juga memungkinkan terjadinya sistem kapiler, yaitu kemampuan untuk bergerak dalam pipa kapiler (pipa dengan lubang yang kecil).¹⁶ Dengan adanya sistem kapiler dan sifat sebagai pelarut yang baik, air dapat membawa nutrisi dari dalam tanah ke jaringan tumbuhan (akar, batang, dan daun). Adanya tegangan permukaan memungkinkan beberapa organisme, misalnya jenis-jenis insekta dapat merayap di permukaan air.

Berdasarkan sifat mudah atau tidaknya suatu zat melarut dalam air, maka ada zat terlarut yang bersifat hidrofilik (mudah bercampur dengan air) seperti senyawa-senyawa garam. Sedangkan zat yang sukar dalam air disebut hidrofobik, seperti lemak dan minyak.¹⁷ Kelarutan suatu zat

¹⁶ Hefni Efendi, *TELAAH KUALITAS AIR bagi pengelola sumber daya dan lingkungan perairan*. hlm.23

¹⁷ Alwin parulian, *monitoring dan analisis kadar aluminium (Al) dan besi (Fe) pada pengolahan air minum Pdam Tirtanadi Sunggal*, (Skripsi, 2009). Dalam <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/5850/1/09E02656.pdf> diakses pada tanggal 23 Januari 2013

dalam air ditentukan oleh dapat tidaknya zat tersebut membandingi kekuatan gaya tarik-menarik listrik antara molekul-molekul air. Jika suatu zat tidak mampu membandingi gaya tarik menarik antara molekul-molekul air, maka molekul-molekul zat tersebut tidak larut dan akan mengendap dalam air.

Dalam kondisi natural, air tidak pernah ditemukan dalam keadaan betul-betul murni. Ketika air mengembun diudara dan jatuh dipermukaan bumi, air tersebut telah menyerap debu atau melarutkan oksigen, karbon dioksida dan berbagai jenis gas lainnya. Kemudian air tersebut, baik yang diatas maupun dibawah permukaan tanah waktu mengalir menuju ke berbagai tempat yang letaknya lebih rendah, melarutkan berbagai jenis batuan yang dilaluinya atau zat-zat organik lainnya. Selain itu sejumlah kecil hasil uraian zat organik seperti nitrit, nitrat, amoniak dan karbon dioksida akan larut kedalamnya.¹⁸

Tidak kurang dari 60 kali ayat Al-Qur'an menyebutkan air (*ma'un* atau *alma'*). Atau dalam bentuk kalimat lain seperti *al-bahr* (laut), *anhar* (telaga), *alghaits* (siraman), *midraran* (hujan deras), *matharan* (hujan), *istasqa* (siraman), *syarab* (minuman), *bardan* (dingin).¹⁹ Demikian pula Al-Qur'an mengemukakan pengertian-pengertian air

¹⁸ Rukaesih Achmad, *Kimia Lingkungan.*, Hlm. 17

¹⁹ Sofyan Anwar Mufid, *Ekologi Manusia dalam perspektif sektor kehidupan dan ajaran Islam.* Hlm. 155

begitu lengkap karena air disebut dengan beberapa kalimat, pendekatan pengertian majaz, dan pengertian hakiki. Nuansa ragam perbedaan ungkapan bahasa tentu dimaksudkan untuk kepentingan relevansi secara kontekstual dalam Al-Qur'an sesuai dengan relevansinya.

a. Mata air

Mata air (*spring*) adalah pemusatan keluarnya air tanah yang muncul di permukaan tanah sebagai arus dari aliran air tanah. Berdasarkan keluarnya ke permukaan tanah, mata air dapat dibedakan menjadi mata air rembesan, yaitu air yang keluar dari lereng-lereng, dan mata air umbul yaitu air yang keluar dari suatu daratan. Sedangkan dari jenisnya, ada beberapa macam mata air diantaranya adalah:²⁰

- 1) Mata air panas yang biasanya memiliki kadar garam tinggi serta seringkali dijumpai di daerah vulkanis
- 2) Mata air besar dengan tingkat kesadahan yang tinggi yang umumnya dijumpai di daerah yang berkapur
- 3) Mata air kecil dengan tingkat kesadahan rendah yang keluar dari celah batu dan kerikil atau batu kristal yang karena ukurannya kecil maka mata air jenis ini lebih dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya

²⁰ Muhammad Shadiqul Iman, *Laporan Proses Terbentuknya Mata Air*, (Skripsi, 2009). Hlm. 6

- 4) Mata air Depresi (*Depression Spring*) : Mata air yang disebabkan karena permukaan tanah memotong muka air tanah (*water table*)
- 5) Mata air Kontak (*Contact Spring*) : Mata air akibat kontak antara lapisan akuifer dengan lapisan impermeabel pada bagian bawahnya
- 6) Mata air Rekahan (*Fracture Spring*) : Mata air yang dihasilkan oleh akuifer tertekan yang terpotong oleh struktur impermeabel
- 7) Mata air Pelarutan (*Solution Tubular Spring*) : Mata air yang terjadi akibat pelarutan batuan oleh air tanah.

Mata air adalah suatu titik di mana air tanah mengalir keluar dari permukaan tanah, yang berarti dengan sendirinya adalah suatu tempat di mana permukaan muka air tanah (akuifer) bertemu dengan permukaan tanah. Bergantung dengan asupan sumber air seperti hujan atau lelehan salju yang menembus bumi, sebuah mata air bersifat *ephemeral* (intermiten atau kadang-kadang) atau *perennial* (terus-menerus). Munculnya mata air tentu saja disebabkan karena muka air tanah yang lebih tinggi dari permukaan tanah. Munculnya mata air ini mirip seperti sumur artesis, yaitu sumur yang dibuat menembus lapisan air yang bertekanan.

Pada umumnya sumber air bagi penduduk berasal dari:²¹

- 1) Sumur gali
- 2) Sumur pompa dangkal dan sumur pompa dalam
- 3) Sumur artesis
- 4) Mata air
- 5) Air hujan

b. Sumber air panas

Sumber air panas adalah mata air yang dihasilkan akibat keluarnya air tanah dari kerak bumi setelah dipanaskan secara geotermal. Air yang keluar suhunya di atas 37°C (suhu tubuh manusia), namun sebagian mata air panas mengeluarkan air bersuhu hingga di atas titik didih. Di seluruh dunia terdapat mata air panas yang tidak terhitung jumlahnya, termasuk di dasar laut dan samudra.²² Air panas lebih dapat mengencerkan padatan mineral, sehingga air dari mata air panas mengandung kadar mineral tinggi, seperti kalsium, litium, atau radium. Mandi berendam di dalam air panas bermineral, dipercaya dapat menyembuhkan berbagai macam penyakit.

Sumber panas dari suatu mata air panas dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

²¹ Sofyan Anwar Mufid, *Ekologi Manusia dalam perspektif sektor kehidupan dan ajaran Islam*. Hlm. 154

²² Anonim, *mata air panas*, Wikipedia, 2011, dalam http://id.wikipedia.org/mata_air_panas diakses tanggal 25 desember 2012

- 1) Letak dari massa air tersebut yang berada dekat dengan massa batuan vulkanik yang masih aktif.
- 2) Keberadaan air yang jauh didalam bumi sehingga massa air tersebut akan mengalami pemanasan selaras dengan penambahan kedalaman (*geothermal*).
- 3) Adanya proses – proses kimia yang terjadi pada air sehingga mengalami peningkatan suhu.
- 4) Adanya pergerakan sesar aktif yang kadang-kadang berfungsi sebagai sumber panas.

Mata air termal atau mata air panas mengeluarkan air yang mempunyai suhu lebih tinggi daripada suhu mata air biasa. Air dari beberapa mata air panas adalah air tanah biasa yang telah turun pada suatu kedalaman yang lebih besar, suhu air yang semacam itu akan naik ketika kedalamannya bertambah. Pada waktunya air panas akan kembali kepermukaan dan akan membuat jalannya melalui lapisan yang terbalikkan ke atas, sesar, dan ciri-ciri lainnya yang menghasilkan sifon terbalik alamiah.²³

Keberadaan mata air panas pada suatu daerah, dapat terbentuk oleh dua sebab yaitu oleh aktivitas tektonik aktif dan vulkanisme:

- 1) Mata air panas akibat vulkanik aktif, dicirikan oleh air panas temperatur tinggi dengan suhu di atas 100°C,

²³ Oscar E. Meinzer, *Ilmu Pengetahuan Populer, jilid 3, Ilmu Pengetahuan Bumi dan Energi*. (Jakarta: PT Widyadara.2002). hlm.80

suhunya tetap, dijumpai endapan sinte, sulfat dan sulfur, memiliki kandungan ion sulfat dan unsur sulfur yang tinggi akibat reaksi oksidasi H_2S di atas permukaan tanah dan unsur volatil magma dari kegiatan vulkanik.

- 2) Mataair panas akibat tektonik aktif, dicirikan oleh air panas temperatur rendah dengan suhu antara $20^{\circ} - 100^{\circ}C$, dan unsur memiliki unsur sulfur yang relatif lebih rendah.

2. Mineral

Mineral adalah suatu zat yang terdapat dalam alam dengan komposisi kimia yang khas dan biasanya mempunyai struktur kristal yang jelas, yang kadang-kadang terdapat dalam bentuk geometris tertentu. Proses sirkulasi air terjadi mulai dari penguapan air di laut dan sungai menjadi awan, kemudian turun ke bumi kembali sebagai air hujan. Ketika hujan jatuh ke permukaan tanah dan merembes ke dalam, maka air yang tadinya adalah berupa molekul-molekul H_2O saja, mulai membawa berbagai kandungan zat yang ada dalam tanah, diantaranya yaitu berupa mineral-mineral, baik itu mineral organik maupun mineral anorganik.

Mineral anorganik umumnya berasal dari dalam tanah, mineral ini tidak dapat dimanfaatkan oleh manusia atau binatang, tetapi tumbuhan dapat memprosesnya. Tumbuhan akan menyerap mineral anorganik dari dalam tanah melalui akarnya dan melalui proses fotosintesis diubah menjadi mineral organik. Mineral anorganik yang masuk kedalam

tubuh manusia tidak dapat diproses dan akan dikeluarkan kembali melalui air seni. Dan hal ini tentu akan memperberat kerja ginjal. Macam-macam mineral anorganik dalam air misalnya Kalsium Karbonat (CaCO_3), Besi (Fe), Mangan (Ma), Natrium (Na), dan lain sebagainya.

Di dalam perairan, terdapat ion utama (*major ion*), ion renik (*trace*) dan minor ion atau ion yang terdapat dalam jumlah sedikit di perairan. Ion utama (major ion) terlarut dalam perairan dalam jumlah banyak, yaitu Kalsium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Natrium (Na^+), Kalium (K^+), Klor (Cl^-), Bikarbonat (HCO_3^-), dan Sulfat (SO_4^{2-}). Di perairan, kandungan ion-ion tersebut dinyatakan dalam satuan mg/liter (Moss, 1993).²⁴ Tabel 2 berikut adalah Hasil analisa kimia (kalsium, magnesium, sulfat dan klorida) air panas bumi yang diambil di beberapa manifestasi permukaan di Jawa Barat.

²⁴ Hefni Efendi, *TELAAH KUALITAS AIR bagi pengelola sumber daya dan lingkungan perairan*. Hlm. 129

Tabel 2. Hasil analisa kimia (kalsium, magnesium, sulfat dan klorida) air panas bumi yang diambil di beberapa manifestasi permukaan di Jawa Barat

No	Lokasi	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)
1	Cisolok (Cisukarame)	n.a	n.a	609.02	284.00
2	Cibuni (Bandung)	16.20	9.40	225.13	5.00
3	Cimanggu (Bandung)	28.70	16.80	55.95	35.50
4	Cilayu (Cisewu)	75.74	8.20	402.03	1213.60
5	Kertasana (Bandung)	38.40	33.40	115.22	-
6	Maribaya (Bandung)	n.a	n.a	25.00	53.25
7	Pakenjeng (Pamengpeuk)	270.70	1.34	912.63	177.50
8	Papandayan (Garut)	n.a	n.a	14402.5 0	71.00
9	Cibeureum (Garut)	n.a	n.a	625.48	-
10	Toblong (Garut)	n.a	n.a	337.43	-
11	Cipatujah (Tasikmalaya)	n.a	n.a	2703.56	905.25
12	Cileusing (Sumedang)	43.30	51.90	-	727.75
13	Sekarwangi (Sumedang)	57.90	46.10	-	213.00
14	Kampung Sumur (Garut)	n.a	n.a	10.00	71.00
15	Cibolang (Bandung)	76.80	42.10	227.15	8.00

n.a : tidak dianalisis

Sumber : Jurnal Geoplika (2007), Volume 2, Nomor 1, hal 27

a. Karakteristik Sulfat (SO_4^{2-})

Belerang atau sulfur adalah unsur kimia dengan nomor atom 16 diwakili oleh S. Secara umum sebagian besar belerang yang terdapat dalam air adalah dalam bentuk ion sulfat (SO_4^{2-}). Dalam kondisi anaerobik SO_4^{2-} dapat direduksi oleh aktivitas bakteri menjadi H_2S , HS^- , atau garam sulfida yang tidak larut. Gas H_2S yang dihasilkan dari reduksi sulfat tersebut menyebabkan bau “telur busuk” yang dikeluarkan oleh banyak air yang tergenang dan air-air tanah. Adanya perbedaan jenis belerang (bilangan oksidasinya) dalam air menggambarkan adanya hubungan antara pH air, potensial oksidasi, dan aktivitas bakteri.²⁵

Sulfur (S) berada dalam bentuk organik dan anorganik. Sulfur anorganik terutama terdapat dalam bentuk sulfat (SO_4^{2-}), yang merupakan bentuk sulfur utama di perairan dan tanah (Rao, 1992). Ion sulfat yang bersifat larut dan merupakan bentuk oksidasi utama sulfur adalah salah satu anion utama di perairan yang menempati urutan kedua setelah bikarbonat. Diperairan, sulfur berikatan dengan ion hidrogen dan oksigen. Beberapa bentuk sulfur di perairan adalah sulfida (S^{2-}), hidrogen sulfida (H_2S), ferro sulfida (FeS), sulfur dioksida (SO_2), sulfit (SO_3^{2-}), dan sulfat (SO_4^{2-}). Sulfat yang berikatan

²⁵ Rukaesih Achmad, *Kimia Lingkungan*, Hlm 45

dengan hidrogen membentuk asam sulfat, dan sulfat yang berikatan dengan logam alkali merupakan bentuk sulfur yang paling banyak ditemukan di danau dan sungai (Cole, 1988).²⁶

Belerang merupakan elemen penting bagi semua kehidupan, dan secara luas digunakan dalam proses biokimia. Dalam reaksi metabolik, senyawa sulfur berfungsi sebagai bahan bakar yang baik dan bahan pernafasan (menggantikan oksigen) untuk organisme sederhana. Belerang merupakan bagian penting dari banyak enzim dan juga dalam molekul antioksidan seperti glutathion dan tioredoksin. Belerang organik terikat adalah komponen dari semua protein, sebagai asam amino sistein dan metionin.

Apabila di perairan tidak terdapat oksigen dan nitrat maka sulfat berperan sebagai sumber oksigen dalam proses oksidasi yang dilakukan oleh bakteri anaerob. Pada kondisi ini, ion sulfat direduksi menjadi ion sulfit yang membentuk kesetimbangan dengan ion hidrogen untuk membentuk hidrogen sulfida.²⁷ Pada pH 9, sebagian besar sulfur (99%) berada dalam bentuk ion HS⁻. Pada kondisi ini, jumlah H₂S sangat sedikit dan permasalahan bau tidak

²⁶ Hefni Efendi, *TELAAH KUALITAS AIR bagi pengelola sumber daya dan lingkungan perairan*. hlm.139

²⁷ Hefni Efendi, *TELAAH KUALITAS AIR bagi pengelola sumber daya dan lingkungan perairan*. hlm.140

muncul. Ion sulfida berada pada pH yang sangat tinggi yaitu mendekati 14 dan tidak ditemukan pada perairan alami. Pada pH kurang dari 8, kesetimbangan bergeser pada pembentukan H_2S yang tak terionisasi. Pada kondisi ini, tekanan parsial H_2S dapat menimbulkan permasalahan bau yang cukup serius. H_2S bersifat mudah larut, toksik, dan menimbulkan bau seperti telur busuk. Oleh karena itu, toksisitas H_2S meningkat dengan penurunan nilai pH.²⁸

H_2S juga dianggap sebagai salah satu penyebab timbulnya karat pada logam. Proses terbentuknya karat ini disebabkan oleh keberadaan bakteri yang mampu mengoksidasi H_2S menjadi H_2SO_4 secara berlimpah. Terbentuknya asam kuat H_2SO_4 dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan korosivitas logam dan terjadinya karat.²⁹ Pada perairan alami yang mendapatkan cukup aerasi biasanya tidak ditemukan H_2S karena telah teroksidasi menjadi sulfat. Kadar sulfat pada perairan tawar alami berkisar antara 2-80 mg/L, sedangkan kadar sulfat yang melewati batuan gypsum dapat mencapai 1.000 mg/L. Kadar sulfat yang melebihi 500 mg/L dapat mengakibatkan terjadinya gangguan pada sistem pencernaan. Kadar sulfida total kurang dari 0,002 mg/L

²⁸ Hefni Efendi, *TELAAH KUALITAS AIR bagi pengelola sumber daya dan lingkungan perairan*. hlm.141

²⁹ Hefni Efendi, *TELAAH KUALITAS AIR bagi pengelola sumber daya dan lingkungan perairan*. hlm.142

dianggap tidak membahayakan bagi kelangsungan hidup organisme akuatik. WHO merekomendasikan kadar sulfat yang diperkenankan pada air minum sekitar 400 mg/L dan kadar hidrogen sulfida sekitar 0,05 mg/L (Moore, 1991).³⁰

b. Karakteristik Klorida (Cl)

Senyawa klorida merupakan senyawa umum yang terdapat pada perairan alami, senyawa ini mengalami proses disosiasi dalam air membentuk ion-ionnya. Ion klorida pada tingkat sedang relatif mempunyai pengaruh kecil terhadap sifat-sifat kimia dan biologi perairan.³¹ Kation dari garam-garam klorida dalam air terdapat dalam keadaan mudah larut, dan ion klorida secara umum tidak membentuk senyawa kompleks yang kuat dengan ion-ion logam. Ion ini juga tidak dapat dioksidasi dalam keadaan normal dan tidak bersifat toksik. Tetapi kelebihan garam-garam klorida ini dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang disebabkan oleh tingginya salinitas.

Ion klorida adalah anion yang dominan di perairan lautan. Sekitar $\frac{3}{4}$ dari klorin (Cl_2) 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 di perairan alami dalam jumlah lebih banyak dari anion

³⁰ Hefni Efendi, *TELAAH KUALITAS AIR bagi pengelola sumber daya dan lingkungan perairan*. hlm. 144

³¹ Rukaesih Achmad, *Kimia Lingkungan*. hlm 46

halogen lainnya. 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]. Pelapukan batuan dan tanah melepaskan klorida ke perairan. Sebagian besar klorida bersifat mudah larut.

Kadar klorida bervariasi menurut iklim. Pada perairan di wilayah yang beriklim basah (*humid*), kadar klorida biasanya kurang dari 10 mg/liter, sedangkan pada perairan di wilayah *semi-arid* dan *arid* (kering), kadar klorida mencapai ratusan mg/liter. Keberadaan klorida dalam perairan alami berkisar antara 2-20 mg/liter. Air yang berasal dari daerah pertambangan mengandung klorida sekitar 1.700 ppm (Haslam, 1995). Kadar klorida 250 mg/liter dapat mengakibatkan air menjadi asin (Rump dan Krist, 1992). Air laut mengandung klorida sekitar 19.300 mg/liter dan *brine* mengandung klorida hingga 200.000 mg/liter (McNeely *et al.*, 1979).³²

Kadar klorida yang tinggi, misalnya pada air laut yang diikuti oleh kadar kalsium dan magnesium yang juga tinggi dapat meningkatkan sifat korosifitas air. Perairan yang demikian menyebabkan terjadinya perkaratan pada

³² Hefni Efendi, *TELAAH KUALITAS AIR bagi pengelola sumber daya dan lingkungan perairan*. hlm.135-136

peralatan yang terbuat dari logam. Klorida tidak bersifat toksik bagi makhluk hidup, bahkan berperan dalam pengaturan tekanan osmotik sel. Perairan yang diperuntukkan bagi keperluan domestik sebaiknya memiliki kadar klorida lebih kecil dari 100 mg/L.³³

c. Karakteristik Magnesium (Mg)

Magnesium merupakan unsur kedelapan paling berlimpah dan memenuhi 2% dari kandungan kerak bumi dilihat dari segi berat dan merupakan unsur ketiga terbanyak yang terlarut dalam air laut. Kelimpahan unsur magnesium bergantung pada sensitifitas dari model geokimia yang digunakan, terutama berat relativitas. Magnesium (Mg) adalah logam alkali tanah yang cukup berlimpah pada perairan alami. Bersama dengan kalsium, magnesium merupakan penyusun utama kesadahan. Garam-garam magnesium bersifat mudah larut dan cenderung bertahan sebagai larutan, meskipun garam-garam kalsium telah mengalami presipitasi. Sumber utama magnesium di perairan adalah ferro magnesium dan magnesium karbonat yang terdapat dalam batuan. Beberapa industri yang menggunakan magnesium adalah industri kimia, semen, tekstil, kertas, bahan peledak, dan

³³ Hefni Efendi, *TELAAH KUALITAS AIR bagi pengelola sumber daya dan lingkungan perairan*. hlm. 136

sebagainya. Mineral-mineral seperti dolomit adalah sumber magnesium yang paling umum dalam air.

Dari 1 km³ air laut terdapat kira-kira satu juta ton magnesium (~ 0,001 ppm), dengan 10⁸ km³ air laut di bumi maka kebutuhan akan logam magnesium lebih dari cukup.³⁴ Magnesium bersifat sangat reaktif, namun kereaktifannya tidak seperti yang diharapkan berdasarkan nilai potensial reduksinya (-2,37 V). Kurang reaktifnya magnesium disebabkan oleh cepatnya pembentukan oksidanya yang membungkus permukaan logam magnesium sehingga melindungi kontak lebih lanjut dengan oksigen yang ada di udara. Salah satu perbedaan sifat kimiawi magnesium dari logam alkali tanah lain dalam kelompoknya adalah sifat dekomposisi garam kloridanya. Magnesium klorida monohidrat terdekomposisi menjadi garam klorida basa pada pemanasan.

Magnesium mudah membentuk senyawa kovalen khususnya dengan senyawa organik berukuran relatif besar.³⁵ Hal ini berkaitan dengan dengan densitas muatan ion magnesium yang relatif tinggi (120 C mm⁻³) dibandingkan dengan densitas muatan ion kalsium (52 C

³⁴ Kristian H. Sugiyarto dan Retno D. Sugiyanti, *Kimia Anorganik Logam*. (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010). Hlm.136

³⁵ Kristian H. Sugiyarto dan Retno D. Sugiyanti, *Kimia Anorganik Logam*. Hlm.138

mm^{-3}). Magnesium dalam air terutama sebagai ion Mg^{2+} , HCO_3^- dan Mg^{2+} , SO_4^{2-} terjadi bila konsentrasi bikarbonat dan sulfat tinggi.

Pada umumnya konsentrasi magnesium dalam air tawar lebih kecil dibandingkan kalsium. Telah diteliti bahwa di lautan magnesium dalam bentuk larutan lebih lama dari kalsium, hal ini disebabkan senyawa Mg^{2+} mengendap lebih lambat dibandingkan senyawa Ca^{2+} .³⁶ Magnesium tidak bersifat toksik, bahkan menguntungkan bagi fungsi hati dan sistem syaraf. Akan tetapi, Cole (1988) mengemukakan bahwa kadar MgSO_4 yang berlebihan dapat mengakibatkan anestesia pada organisme vertebrata dan avertebrata. Pada tumbuhan, magnesium terdapat pada klorofil. Kadar magnesium pada perairan alami bervariasi antara 1-100 mg/liter, pada perairan laut mencapai 1.000 mg/liter, sedangkan pada *brine* mencapai 57.000 mg/liter. Kadar maksimum yang diperkenankan untuk kepentingan air minum adalah 50 mg/liter (McNeely *et al.*, 1979; Peavy *et al.*, 1985).³⁷ Tabel 3 berikut adalah beberapa sifat dari magnesium.

³⁶ Rukaesih Achmad, *Kimia Lingkungan*, Hlm 49

³⁷ Hefni Efendi, *TELAAH KUALITAS AIR bagi pengelola sumber daya dan lingkungan perairan*. hlm.132

Tabel 3. Beberapa sifat Magnesium

karakteristik	${}_{12}\text{Mg}$
Konfigurasi elektronik	$[\text{}_{10}\text{Ne}] 3s^2$
Titik leleh/ $^{\circ}\text{C}$	649
Titik didih/ $^{\circ}\text{C}$	1107
Densitas/ g cm^{-3} (20°C)	1,74
Jari-jari atomik/ pm	160
Jari-jari ionik M^{2+} / pm	86
Energi ionisasi/ KJ mol^{-1}	
I	738
II	1450
Potensial reduksi standar / V	-2,36
ΔH atomisasi/ KJ mol^{-1}	149
Elektronegatifitas	1,2

Sumber : Kristian H. Sugiyarto dan Retno D. Sugiyanti, *Kimia Anorganik Logam*. Hlm.129

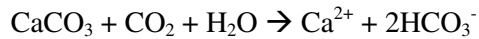
d. Karakteristik Kalsium (Ca)

Sacara umum dari kation-kation yang ditemukan dalam banyak ekosistem air tawar kalsium mempunyai konsentrasi tinggi. Kalsium adalah unsur kimia yang memegang peranan penting dalam banyak proses geokimia.³⁸ Cole (1988) mengemukakan bahwa perairan yang miskin akan kalsium biasanya juga miskin akan kandungan ion-ion lain yang sangat dibutuhkan oleh organisme akuatik. Sumber utama kalsium di perairan adalah batuan dan tanah. Kalsium pada batuan terdapat dalam bentuk mineral batu kapur (*limenestone*),

³⁸ Rukaesih Achmad, *Kimia Lingkungan*, Hlm 47

pyroxenes, amphiboles, calcite, dolomite, gypsum, dan apatite [Ca₅(PO₄)₃(FClOH)].³⁹

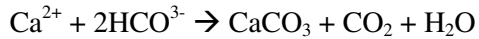
Air yang mengandung karbon dioksida tinggi akan mudah melarutkan kalsium dari mineral-mineral karbonatnya.



Apabila karbon dioksida hilang dari perairan akan mengakibatkan terjadinya reaksi yang sebaliknya. Karbon dioksida yang masuk ke dalam perairan melalui kesetimbangan dengan atmosfer konsentrasinya tidak cukup besar untuk melarutkan kalsium dalam perairan alami, terutama air tanah. Yang merupakan faktor penting dalam proses kimia perairan dan geokimia adalah pernafasan mikroorganisme, penghancuran bahan organik dalam air, dan sedimen berperan sangat besar terhadap kadar karbon dioksida dan HCO₃⁻ dalam air.

Ion kalsium, bersama-sama dengan magnesium kadang-kadang ion ferro, ikut menyebabkan kesadahan air, baik yang bersifat kesadahan sementara maupun kesadahan tetap. Kesadahan sementara disebabkan oleh adanya ion-ion kalsium dan bikarbonat dalam air dan dapat dihilangkan dengan jalan mendidihkan air tersebut karena terjadi reaksi:

³⁹ Hefni Efendi, *TELAAH KUALITAS AIR bagi pengelola sumber daya dan lingkungan perairan*. hlm. 130



Sedangkan kesadahan tetap disebabkan oleh adanya kalsium atau magnesium yang proses pelunakannya melalui proses kapur-soda abu, proses zeolit dan proses resin organik.⁴⁰ Air sadah juga tidak menguntungkan atau mengganggu proses pencucian menggunakan sabun, karena sabun yang digunakan pada air sadah sebelum berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan sabun tersebut harus bereaksi terlebih dahulu dengan setiap ion kalsium dan magnesium yang berada dalam air tersebut. Hal ini bukan saja akan menyebabkan pemborosan dalam penggunaan sabun tetapi juga akan menyebabkan terjadinya gumpalan-gumpalan yang mengendap sebagai lapisan tipis pada alat-alat yang dicuci sehingga mengganggu proses pembersihan dan pembilasan oleh air. Berbeda dengan sabun, detergen dapat menurunkan tegangan permukaan air tanpa harus bereaksi dahulu dengan setiap ion kalsium dan magnesium yang terdapat dalam air, sehingga detergen dapat digunakan sebagai derajat kesadahan air.

Ion kalsium mempunyai kecenderungan relative kecil untuk membentuk ion kompleks. Dalam kebanyakan sistem perairan air tawar, jenis kalsium yang pertama-tama larut adalah Ca^{2+} . Oleh karena itu pada konsentrasi

⁴⁰ Rukaesih Achmad, *Kimia Lingkungan*. Hlm 48

HCO_3^- yang sangat tinggi, pasangan ion $\text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^-$ dapat terbentuk dalam jumlah yang cukup banyak. Hal yang sama dalam air yang kandungan sulfatnya tinggi pasangan ion $\text{Ca}^{2+} - \text{SO}_4^{2-}$ dapat terjadi.⁴¹

Kalsium termasuk unsur yang esensial bagi semua makhluk hidup. Unsur ini berperan dalam pembentukan tulang dan pengaturan permeabilitas dinding sel, Kalsium juga berperan dalam pembangunan struktur sel tumbuhan serta perbaikan struktur tanah. Kadar kalsium yang tinggi di perairan relatif tidak berbahaya, bahkan dapat menurunkan toksisitas beberapa senyawa kimia.

Pada perairan yang diperuntukkan bagi air minum, kadar kalsium sebaiknya tidak lebih dari 75 mg/L. Kadar kalsium pada perairan tawar biasanya kurang dari 15 mg/liter, pada perairan yang berada sekitar batuan karbonat antara 30-100 mg/liter, pada perairan laut sekitar 400 mg/liter, sedangkan dalam *brine* dapat mencapai 75.000 mg/liter (McNeely *et al.*, 1979). *Brine* adalah air asin yang sangat pekat, dengan nilai padatan terlarut total lebih dari 36.000 mg/liter.⁴² Tabel 4 berikut adalah beberapa sifat dari kalsium.

⁴¹ Rukaesih Achmad, *Kimia Lingkungan*. Hlm 49

⁴² Hefni Efendi, *TELAAH KUALITAS AIR bagi pengelola sumber daya dan lingkungan perairan*. hlm.131

Tabel 4. Beberapa sifat Kalsium

karakteristik	${}_{20}\text{Ca}$
Konfigurasi elektronik	$[\text{18Ar}] 4s^2$
Titik leleh/ $^{\circ}\text{C}$	839
Titik didih/ $^{\circ}\text{C}$	1487
Densitas/ g cm^{-3} (20°C)	1,54
Jari-jari atomik/ pm	197
Jari-jari ionik M^{2+} / pm	114
Energi ionisasi/ KJ mol^{-1}	I 590 II 1145
Potensial reduksi standar / V	-2,87
ΔH atomisasi/ KJ mol^{-1}	177
elektronegatifitas	1,0
Warna nyala	Merah bata

Sumber : Kristian H. Sugiyarto dan Retno D. Sugiyanti, *Kimia Anorganik Logam*, Hlm.129

3. Parameter Fisika dan Kimia Perairan

a. pH

pH didefinisikan sebagai minus logaritma dari aktivitas ion hidrogen dalam larutan akuatik. pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan, air murni bersifat netral yaitu mendekati pH 7.0 pada suhu 25°C , jika pH kurang dari 7.0 dikatakan bersifat asam sedangkan untuk pH lebih dari 7.0 dikatakan bersifat basa atau alkalin. Karena pH adalah skala logaritmik, maka perbedaan satu unit pH setara dengan sepuluh kali lipat perbedaan dalam konsentrasi ion hidrogen.

Pengukuran pH sangat penting dalam bidang medis, biologi, kimia, ilmu makanan, oseanografi, dan bidang-bidang lainnya.

Air yang masih segar dari pegunungan biasanya mempunyai pH yang lebih tinggi, makin lama pH air akan semakin menurun menuju suasana asam, hal ini disebabkan oleh penambahan bahan-bahan organik yang kemudian membebaskan CO₂ jika mengurai.⁴³ Pada dasarnya nilai pH menunjukkan apakah air memiliki kandungan padatan rendah atau tinggi. Nilai pH normal untuk air permukaan biasanya antara 6.5 sampai 8.5 dan pH air tanah antara 6.0 sampai 8.5. Tinggi atau rendahnya pH air dipengaruhi oleh senyawa yang terkandung dalam air tersebut. pH yang sangat rendah menyebabkan kelarutan logam-logam dalam air semakin besar, yang bersifat toksik bagi organisme air. Sedangkan pH yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi amoniak dalam air yang juga bersifat toksik bagi organisme air. pH air minum yang sesuai standar DEPKES adalah antara 6.5 sampai 8.5, sedangkan pH air minum murni (*Reverse Osmosis*) adalah antara 5.0 sampai 7.5. Namun untuk air minum, pH yang paling ideal adalah 7.0 yang dikatakan sebagai pH netral.

⁴³ A. Tresna Sastrawijaya, *Pencemaran Lingkungan*, (Jakarta: Rineka Cipta, 2009). Hlm.105

Untuk mengetahui nilai pH air dapat digunakan alat pengukur pH digital yang disebut dengan pH meter. pH sangat penting sebagai parameter kualitas air karena mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan di dalam air, selain itu ikan dan makhluk-makhluk akuatik lainnya hidup pada selang pH tertentu, sehingga dengan diketahuinya nilai pH maka akan diketahui air tersebut sesuai atau tidak untuk menunjang kehidupan. Fluktuasi pH air sangat ditentukan oleh alkalinitas air, apabila alkalinitasnya tinggi maka air akan mudah mengembalikan pH-nya ke nilai semula dari setiap gangguan terhadap perubahan pH. Dengan demikian, kunci dari penurunan pH terletak pada penanganan alkalinitas dan tingkat kesadahan air.

Alkalinitas berperan dalam menentukan kemampuan air untuk mendukung pertumbuhan alga dan kehidupan air lainnya, hal ini karena adanya pengaruh sistem bufer dari alkalinitas, dan alkalinitas berfungsi sebagai reservoir untuk karbon organik sehingga alkalinitas diukur sebagai faktor kesuburan air.⁴⁴ Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7 – 8,5. Nilai pH sangat

⁴⁴ Mevi Ayuningtyas, dkk., laporan penelitian, *Pengaruh pH pada Air*, 2009.hlm. 14 dalam <http://www.scribd.com/doc/39992428/Pengaruh-Ph-Pada-Air-m-sadiqul-Iman-h1e108059> diakses pada tanggal 07 september 2013

mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir pada pH yang rendah. Tabel 5 berikut adalah pengaruh nilai pH pada komunitas biologi perairan.

Tabel 5. Pengaruh pH Terhadap Komunitas Biologi Perairan

Nilai pH	Pengaruh Umum
6,0 – 6,5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Keanekaragaman plankton dan bentos sedikit menurun 2. Kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas tidak mengalami perubahan
5,5 – 6,0	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penurunan nilai keanekaragaman plankton dan bentos semakin tampak 2. Kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas masih belum mengalami perubahan yang berarti 3. Algae hijau berfilamen mulai tampak pada zona litoral
5,0 – 5,5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifilton dan bentos semakin besar 2. Terjadi penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos 3. Algae hijau berfilamen semakin banyak 4. Proses nitrifikasi terhambat
4,5 – 5,0	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifilton dan bentos semakin besar 2. Penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos 3. Algae hijau berfilamen semakin banyak 4. Proses nitrifikasi terhambat

Sumber : Modifikasi Baker et al., 1990 dalam Efendi, 2003

b. Suhu

Suhu sekeliling mempunyai pengaruh yang kuat terhadap kelarutan oksigen dalam air, seperti yang ditunjukkan oleh persamaan Clausius-Clapeyron:⁴⁵

$$\log \frac{C_2}{C_1} = \frac{\Delta H}{2,303R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

dimana C_1 dan C_2 adalah adalah kepekatan gas dalam air, T adalah suhu absolut dalam kelvin, H adalah panas larutan (kal mol^{-1}), dan R adalah tetapan gas ($1,987 \text{ kal/K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$). Dengan demikian, kelarutan oksigen dalam air menurun sesuai dengan meningkatnya suhu. Kenyataannya, air pada suhu 0°C mengandung hampir dua kali kepekatan air pada suhu 30°C , oksigen terlarut juga menurun dengan meningkatnya kadar garam. Tabel 6 berikut adalah Kelarutan oksigen dalam air yang terbuka pada udara yang jenuh uap air (pada 760 mm Hg).

⁴⁵ Des W. Connel dan Gregory J. Miller, *Kimia dan Etoksikologi Pencemaran*, (Jakarta: UI Press, 2006). Hlm. 123

Tabel 6. Kelarutan oksigen dalam air yang terbuka pada udara yang jenuh uap air (pada 760 mm Hg)

Suhu (°C)	Kepekatan klorida (mg L ⁻¹)				
	0	5.000	10.000	15.000	20.000
	Oksigen terlarut (mg L ⁻¹)				
0	14,6	13,7	12,9	12,1	11,4
10	11,3	10,7	10,1	9,5	9,0
20	9,1	8,6	8,2	7,7	7,3
25	8,2	8,0	7,4	7,1	6,7
30	7,5	7,2	6,8	6,5	6,2

Sumber: Des W. Connel dan Gregory J. Miller, *Kimia dan Etoksikologi Pencemaran*. Hlm.124

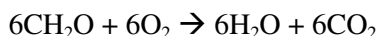
*Most biological processes speed up as the temperature increases and slow down as the temperature drops. Because oxygen utilization is caused by the metabolism of microorganisms, the rate of utilization is similarly affected by temperature.*⁴⁶ Kebanyakan proses biologis menjadi lebih cepat dengan naiknya suhu dan menjadi lebih lambat ketika suhu turun. Karena penggunaan oksigen dipengaruhi oleh metabolisme mikroorganismenya, maka tingkat pemanfaatan yang sama dipengaruhi oleh suhu.

Metabolisme mikroorganismenya mempengaruhi penggunaan oksigen, kebutuhan oksigen semakin meningkat pada suhu yang semakin tinggi sedangkan

⁴⁶ Mackenzie L. Davis and David A. Cornwell, *Introduction to Environmental Engineering, fourth edition*, (singapore: McGraw-Hill international edition, 2008). Hlm.364

kandungan oksigen dalam air semakin rendah dengan meningkatnya suhu, jika kebutuhan oksigen melampaui oksigen yang tersedia maka mikroorganisme akan mati. Suhu ini disebut suhu yang mematikan (*lethaltemperature*), suhu ini mungkin berbeda untuk tiap anggota dalam suatu spesies tertentu. Kenaikan suhu biasanya meningkatkan akibat keracunan pencemaran kimia dalam air.

Di dalam air yang teroksigen baik, pernapasan aerobik yang terjadi dilakukan oleh jasad renik aerobik. Reaksi kimia yang terlibat dapat dinyatakan secara sederhana, untuk glukosa sebagai berikut:



Suhu lingkungan merupakan pengaruh yang kuat terhadap proses ini, karena spesies yang berbeda mempunyai ranah suhu yang sempit untuk kegiatan optimalnya. Namun, di dalam sebagian besar badan air, terdapat komunitas jasad renik yang meliputi ranah suhu optimal yang luas. Persamaan tersebut merangkum reaksi karbon selama pernapasan aerobik, tetapi bahan organik di dalam buangan juga mengandung berbagai unsur khususnya nitrogen dan belerang.⁴⁷

⁴⁷ Des W. Connel dan Gregory J. Miller, *Kimia dan Etoksikologi Pencemaran*. Hlm. 121

Nitrogen pada umumnya terdapat dalam gugus amino dari rantai peptida di dalam protein. Oksidasi sempurna pada nitrogen organik yang ada menyebabkan pembentukan ion nitrat. Belerang terdapat di dalam bahan organik dengan berbagai bentuk yang berbeda tetapi pada pokoknya sebagai gugus sulf-hidril, gugus disulfida, gugus sulfida. Oksidasi sempurna menghasilkan ion sulfat.

4. Turbidimetri

Turbidimetri merupakan analisis kuantitatif yang didasarkan pada pengukuran kekeruhan atau turbidan dari suatu larutan akibat adanya partikel padat dalam larutan setelah sinar melewati suatu larutan yang mengandung partikel tersuspensi. Artinya turbidimetri adalah analisa yang berdasarkan hamburan cahaya yang terjadi akibat adanya partikel yang terdapat dalam larutan. Partikel ini menghamburkan cahaya ke segala arah yang mengenainya. Dalam turbidimetri, digunakan larutan yang berupa koloid atau tersuspensi. Larutan jernih dapat diukur dengan metode ini dengan jalan memberikan emulgator untuk mengemulsi larutan. Larutan tersuspensi atau koloid mengandung partikel yang berukuran 10^{-10} cm.

Sifat-sifat dari setiap suspensi akan berbeda-beda menurut konsentrasi fase-terdispersinya. Bila cahaya dilewatkan melalui suspensi itu, sebagian dari energi radiasi

yang jatuh dihamburkan dengan penyerapan, pemantulan dan pembiasan, sementara sisanya diteruskan. Pengukuran intensitas cahaya yang ditransmisikan (diteruskan) sebagai fungsi dari konsentrasi fase terdispersi adalah dasar dari analisis turbidimetri. Kondisi-kondisi yang harus diperhatikan dengan hati-hati untuk menghasilkan suspensi dengan sifat-sifat yang cukup seragam yaitu:⁴⁸

- a. Konsentrasi-konsentrasi kedua ion yang bergabung (bersenyawa) yang menghasilkan endapan, maupun rasio dari konsentrasi-konsentrasinya dalam larutan-larutan yang dicampurkan.
- b. Cara, urutan, dan laju pencampuran.
- c. Banyaknya garam-garam dan zat-zat lain yang ikut serta, terutama koloid-koloid pelindung (gelatin, gom arab, desktrin, dan sebagainya)
- d. Temperatur

Proses hamburan cahaya yang mengenai partikel dalam larutan dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu :

- a. Konsentrasi cuplikan.

Jika konsentrasi terlalu kecil maka partikel yang terbentuk juga akan kecil. Partikel yang kecil akan sedikit menghamburkan sinar sehingga akan susah terbaca.

⁴⁸ Vogel, *kimia analisis kuantitatif anorganik*, (Jakarta: EGC, 1994). Hlm. 909

b. Konsentrasi emulgator.

Konsentrasi emulgator yang dimaksud disini adalah perbandingan antara konsentrasi dengan emulgator. Jika perbandingannya terlalu kecil, koloid yang terbentuk terlalu kecil sehingga susah terbaca oleh alat. Namun jika perbandingan ini terlalu besar, emulgator sisa akan terbuang dengan sia-sia.

c. Lamanya pendiaman.

Pengaruh ini bergantung pada kecepatan reaksinya. Sebaiknya reaksi berjalan selama waktu optimumnya.

d. Kecepatan dan urutan pencampuran reagen.

e. Suhu.

Suhu tergantung pada kondisi optimum reaksi.

f. pH atau derajat keasaman.

pH berhubungan dengan emulgator.

g. Kekuatan ion.

h. Intensitas sinar.

Turbiditas merupakan sifat optik akibat dispersi sinar dan dapat dinyatakan sebagai perbandingan cahaya yang dipantulkan terhadap cahaya yang tiba. Intensitas cahaya yang dipantulkan oleh suatu suspensi merupakan fungsi konsentrasi jika kondisi-kondisi lainnya konstan.⁴⁹

⁴⁹ Khopkar, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, (Jakarta: UI-Press, 2007). Hlm.245

5. Spektroskopi

*The term of spectroscopy refers to the field of science that deals with the measurement and interpretation of light that is absorbed or emitted by a sample. This type of analysis often involves the use of spectrum (plural form "spectra"), which is the pattern that is observed when light is separated into its various colors, or spectral bands.*⁵⁰ Istilah spektroskopi mengacu pada bidang ilmu yang berhubungan dengan pengukuran dan interpretasi cahaya yang diserap atau diemisikan oleh sampel. Jenis analisis sering melibatkan penggunaan spektrum yang merupakan pola yang diamati ketika cahaya dipisahkan menjadi berbagai warna, atau spektral band.

Spektroskopi adalah salah satu alat analisis yang paling umum digunakan untuk analisis kimia kualitatif dan kuantitatif. Salah satu cara metode spektroskopi dapat diklasifikasikan adalah menurut bagaimana teknik ini bekerja. Misalnya, penggunaan spektroskopi untuk mengidentifikasi sampel atau ukuran bahan kimia dalam sampel disebut analisis Spektrokimia, sedangkan penggunaan spektroskopi untuk mengukur spektrum dikenal sebagai spektrometri. Metode spektroskopi juga dapat dibagi menurut jenis analit yang diperiksa atau jenis cahaya yang diterapkan.

⁵⁰ David S. Hage and James D. Carr, *Analytical Chemistry and Quantitative Analysis, International Edition*. (New York San Francisco: Prentice Hall, 2011), hlm. 405

Instrumentasi umum dari sebuah spektrometer dasar untuk pengukuran penyerapan berisi empat komponen utama yaitu (1) sumber cahaya, (2) pemilih panjang gelombang untuk mengisolasi jenis tertentu dari cahaya untuk digunakan dalam analisis, (3) sampel dan pemegang sampel, dan (4) detektor untuk merekam jumlah cahaya yang melewati sampel.

Spectrometer is an instrument with an entrance slit and one or more exit slits, which makes measurements either by scanning a spectrum (point by point) or by simultaneous monitoring several positions in a spectrum; the quantity that is measured is a function of radiant power. Spectrophotometer is a spectrometer with associated equipment that is designed to furnish the ratio (or a function of the ratio) of the radiant power of two beams of light as a function of position in a spectrum.⁵¹

Spektrometer adalah instrumen dengan sebuah celah masuk dan satu atau lebih celah keluar, yang membuat pengukuran baik dengan memindai spektrum (poin demi poin) atau dengan pemantauan secara simultan beberapa posisi dalam spektrum, kuantitas yang diukur adalah fungsi dari daya radiasi. Sedangkan spektrofotometer adalah spektrometer dengan peralatan terkait yang dirancang untuk memberikan rasio (atau fungsi dari rasio) dari daya radiasi dari dua berkas cahaya sebagai fungsi dari posisi dalam spektrum.

⁵¹ David S. Hage and James D. Carr, *Analytical Chemistry and Quantitative Analysis, International Edition*. hlm. 406

Spektrofotometer merupakan alat untuk mempelajari interaksi sinar elektromagnetik dengan materi, gelombang elektromagnetik yang digunakan berkisar 180-800 nm.⁵² Energi elektromagnetik akan diubah menjadi besaran listrik, dan melalui amplifier akan diubah menjadi besaran yang dapat diamati. Spektrofotometer selain merupakan alat pengukuran kualitatif juga merupakan alat pengukuran kuantitatif, karena jumlah sinar yang diserap oleh partikel di dalam larutan juga tergantung pada jenis dan jumlah partikel.

Dikenal dua kelompok utama spektroskopi, yaitu spektroskopi atom dan spektroskopi molekul. Dasar dari spektroskopi atom adalah tingkat energi elektron terluar suatu atom atau unsur, sedangkan dasar dari spektroskopi molekul adalah tingkat energi molekul yang melibatkan energi elektronik, energi vibrasi, dan energi rotasi.

a. Spektroskopi UV-VIS

UV-Visible spectroscopy is common method for the analysis of molecules and other types of chemicals. This technique can be defined as a type of spectroscopy that used to examine the ability of an analyte to interact with ultraviolet or visible light through absorption. Light in the ultraviolet or visible range has the same amount of energy as occurs between the energy levels for some of the electrons in molecules. If the energy of this light exactly matches a difference in one of the energy levels, the electron will move from an orbital in a lower energy state

⁵² Maria Bintang, *BIOKIMIA Teknik Penelitian*. (Jakarta: Erlangga, 2010), Hlm.189

*to an empty orbital in a higher energy state if the molecules absorb this light.*⁵³

Spektroskopi UV-Visibel adalah metode umum untuk analisis molekul dan jenis-jenis bahan kimia. Teknik ini dapat didefinisikan sebagai suatu jenis spektroskopi yang digunakan untuk menguji kemampuan suatu analit untuk berinteraksi dengan sinar ultraviolet atau visibel melalui penyerapan. Cahaya pada kisaran ultraviolet atau visibel memiliki jumlah energi yang sama seperti yang terjadi antara tingkat energi untuk beberapa elektron dalam molekul. Jika energi cahaya ini sama persis dengan perbedaan di salah satu tingkat energi, elektron akan bergerak dari orbital dalam keadaan energi yang lebih rendah ke orbital kosong dalam keadaan energi yang lebih tinggi jika molekul menyerap cahaya ini.

Absorpsi sinar tampak (VIS) atau ultraviolet (UV) oleh suatu molekul dapat menyebabkan terjadinya eksitasi molekul tersebut dari tingkat energi dasar (*ground state*) ke tingkat eksitasi (*excited state*). Absorpsi sinar UV dan VIS oleh suatu molekul umumnya menghasilkan eksitasi ikatan elektron (*bonding*), sehingga panjang gelombang absorban maksimum dapat dikorelasikan dengan absorban

⁵³ David S. Hage and James D. Carr, *Analytical Chemistry and Quantitative Analysis, International Edition*. hlm.435-436

UV dan VIS untuk penentuan kuantitatif senyawa-senyawa yang mengandung gugus penyerap.

Metode spektroskopi VIS berdasarkan atas absorban sinar tampak oleh suatu larutan berwarna, oleh karena itu metode ini dikenal juga sebagai metode kolorimetri.⁵⁴ Hanya larutan berwarna yang dapat ditentukan menggunakan metode ini, sedangkan untuk larutan yang tidak berwarna dapat dibuat berwarna dengan mereaksikannya dengan pereaksi yang menghasilkan senyawa berwarna. Sedangkan pada spektroskopi UV, yang diabsorpsi adalah cahaya ultraviolet sehingga larutan tidak berwarna dapat diukur. Serapan maksimum dari larutan berwarna terjadi pada daerah warna yang berlawanan, dengan kata lain warna yang diserap adalah warna komplementer dari warna yang diamati. Tabel 7 berikut adalah warna komplementer.

Tabel 7. Warna Komplementer

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

⁵⁴ Maria Bintang, *BIOKIMIA Teknik Penelitian*. Hlm.194

610	Jingga	Biru
680	Merah	Hijau biru
720	Merah ungu	Hijau

Sumber : Maria Bintang, *BIOKIMIA Teknik Penelitian*. Hlm.195

b. Spektroskopi Absorpsi Atom (SAA)

*Atomic spectroscopy refers to the measurement of the wavelength or intensity of light that is emitted or absorbed by free atoms. To do this type of measurement, we first need to convert a sample into atoms.*⁵⁵

Spektroskopi atom mengacu pada pengukuran panjang gelombang atau intensitas cahaya yang diemisikan atau diserap oleh atom-atom bebas. Untuk melakukan jenis pengukuran ini, harus terlebih dahulu mengkonversi sampel menjadi atom.

Spektroskopi atom merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur, dimana sekitar 70 unsur dapat dianalisis. Pemakaiannya luas pada berbagai bidang karena prosedurnya yang paling selektif, spesifik, mudah dilakukan, waktu yang diperlukan cepat dan sensitivitasnya tinggi yaitu pada kisaran ppm sampai ppb.⁵⁶

⁵⁵ David S. Hage and James D. Carr, *Analytical Chemistry and Quantitative Analysis, International Edition*. hlm.459

⁵⁶ Maria Bintang, *BIOKIMIA Teknik Penelitian*. Hlm.196

Pada metode spektroskopi serapan atom, radiasi dari suatu sumber radiasi yang sesuai (lampu katoda cekung) dilewatkan ke dalam nyala api yang berisi sampel yang telah teratomisasi, kemudian radiasi tersebut diteruskan ke detektor melalui monokromator. Untuk membedakan antara radiasi yang berasal dari sumber radiasi dan radiasi dari nyala api biasanya digunakan *chopper* yang dipasang sebelum radiasi dari sumber radiasi mencapai nyala api. Detektor disini akan menolak arus searah (DC) dari emisi nyala, dan hanya mengukur arus bolak-balik (sinyal absorpsi) dari sumber radiasi dan sampel. Konsentrasi unsur berdasarkan perbedaan intensitas radiasi pada saat ada atau tidaknya unsur yang diukur (sampel) dalam nyala api.

C. Rumusan Hipotesis

Berdasarkan deskripsi teoritis dan kerangka berpikir, maka hipotesis penelitian yang diajukan adalah terdapat mineral Sulfat (SO_4^{2-}), Klorida (Cl^-), Magnesium (Mg), dan Kalsium (Ca) pada air panas obyek wisata guci-Tegal.