

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Sumur Gali**

##### **2.1.1 Pengertian Air Sumur Gali**

Air sumur gali merupakan salah satu sumber mata air yang penting dalam memenuhi kebutuhan hidup di banyak daerah. Air ini berasal dari air hujan dan air permukaan yang meresap ke dalam tanah melalui proses infiltrasi. Air yang meresap ke dalam tanah ini akan terus bergerak melalui pori-pori atau retakan batuan di dalam tanah. Ketika air mencapai lapisan batuan yang lebih padat yang tidak dapat menyerap, air akan mengumpul dan membentuk akuifer, yaitu lapisan air tanah yang dapat memberikan air dalam jumlah yang mencukupi untuk dipompa ke permukaan (Darwis, 2018).

Penggunaan air sumur gali dalam jangka panjang memiliki beberapa pertimbangan penting yang perlu diperhatikan, terutama pada kualitas air sumur. Kualitas air sumur gali dapat berubah seiring waktu karena interaksi dengan lingkungan sekitarnya. Pencemaran dari limbah industri, pertanian, atau domestik dapat mempengaruhi kualitas air (Ningrum, 2018).

##### **2.1.2 Kualitas Air Sumur Gali**

Kualitas air sumur gali sangat bergantung pada faktor geologi, hidrologi, dan aktivitas manusia di sekitar sumber air tersebut. Dalam penggunaannya, penting untuk memahami karakteristik fisik, kimia, dan biologis air tanah untuk memastikan keberlanjutan penggunaannya dalam jangka panjang (Wardoyo & Hutapea, 2024).

Air sumur gali biasanya memiliki karakteristik fisik yang bervariasi tergantung pada kedalaman sumur dan geologi. Kejernihan dan warna air dapat dipengaruhi oleh keberadaan partikel halus dan endapan mineral. Parameter kimia yang umum dianalisis meliputi konsentrasi ion seperti Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), besi (Fe), mangan (Mn), dan lain-lain. Air sumur gali ini juga rentan terhadap pencemaran mikrobiologis,

terutama jika sanitasi sumur tidak terjaga dengan baik. Kehadiran bakteri, virus, dan parasit dapat mengancam kesehatan manusia (Djana, 2023).

### **2.1.3 Faktor Yang Dapat Mempengaruhi Kualitas Air Sumur Gali**

#### **1. Geologi**

Karakteristik geologi, seperti jenis batuan (seperti batuan beku, sedimen, atau batuan metamorf), memiliki peran penting dalam menentukan kandungan mineral dalam air sumur gali. Jenis batuan tersebut mempengaruhi mineral yang larut dalam air yang meresap melalui lapisan tanah (Darwis, 2018).

#### **2. Kedalaman Sumur**

Sumur gali yang lebih dalam cenderung memiliki air yang lebih bersih dan jernih karena lebih sedikit terpengaruh oleh pencemaran permukaan tanah. Selain itu, adanya penyaringan alami yang terjadi selama perkolasi air melalui lapisan tanah juga dapat mempengaruhi kualitas air di kedalaman yang lebih dalam (Febrina & Ayuna, 2015).

#### **3. Penggunaan Tanah**

Penggunaan tanah disekitar air sumur dapat mempengaruhi kualitas air (Uyara, J. Kunu, & M. Talakua, 2017), contohnya :

- **Aktivitas Pertanian**

Seperti pemakaian pupuk, pestisida, dan limbah pertanian dapat mengandung zat-zat kimia seperti nitrat dan fosfat yang dapat mencemari air sumur gali.

- **Aktivitas Industri**

Limbah industri dan bahan kimia seperti logam berat dapat mencemari air tanah jika tidak dikelola dengan baik

- **Penggunaan Dosmetik**

Limbah domestik seperti limbah septik atau sistem pembuangan yang tidak memadai dapat menyebabkan kontaminasi mikrobiologis dalam air sumur gali.

#### **4. Perubahan Iklim**

Perubahan pola hujan dan suhu dapat mempengaruhi aliran air dan kualitas air sumur gali. Peningkatan suhu atau penurunan curah hujan

dapat mengubah ketersediaan air dan komposisi kimia dalam akuifer (Mardizal, Rizal, & Syah, 2024).

## 2.2 Standar Kualitas Baku Air Minum

Air minum yang aman untuk kesehatan harus memenuhi standar fisik, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang ditetapkan dalam parameter wajib maupun parameter tambahan. Parameter wajib ini adalah persyaratan mutlak mengenai kualitas air minum yang harus dipatuhi oleh semua penyedia layanan air. Standar kualitas air minum ini telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023.

**Tabel 2.1 Persyaratan Baku Air Minum Sesuai Permenkes No. 2 Tahun 2023**

No.	Jenis Parameter	Kadar Maksimum Yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
1.	Mikrobiologi 1. <i>Escherichia Coli</i> 2. <i>Total Coliform</i>	0 0	CFU/100 ml CFU/100 ml	SNI/APHA SNI/APHA
2.	Fisik 1. Suhu 2. Total Dissolve Solid 3. Kekeruhan 4. Warna 5. Bau	Suhu udara 3 < 300 < 3 10 Tidak berbau	mg/L NTU TCU -	SNI/APHA SNI/APHA SNI atau yang setara SNI/APHA APHA
3.	Kimia 1. pH 2. Nitrat (NO <sup>3</sup> ) 3. Nitrit (NO <sup>2</sup> ) 4. Kromium valensi 6 5. Besi (Fe) 6. Mangan (Mn) 7. Sisa khlor 8. Arsen (As) 9. Kadmium (Cd) 10. Timbal (Pb) 11. Fluoride (F) 12. Aluminium (Al)	6,5-8,5 20 3 0,01 0,2 0,1 0,2-0,5 dengan waktu kontak 30 menit 0,01 0,003 0,01 1,5 0,2	- mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L	SNI/APHA SNI/APHA SNI/APHA SNI/APHA SNI/APHA SNI/APHA SNI/APHA SNI/APHA SNI/APHA SNI/APHA SNI/APHA

Salah satu parameter uji yang telah ditetapkan dalam persyaratan ini adalah parameter kimia. Parameter ini sangat penting karena kandungan kimia dalam air dapat memengaruhi keamanan dan kualitas air yang kita konsumsi. Dengan mengukur dan mengontrol parameter kimia, salah satunya seperti kandungan logam berat, kita dapat memastikan bahwa kualitas air tetap terjaga dan aman untuk digunakan dalam berbagai keperluan (Djana, 2023). Konsentrasi logam berat yang melebihi batas yang telah ditetapkan, berpotensi menyebabkan dampak negatif pada kesehatan tubuh manusia. Oleh karena itu, peraturan ini penting untuk melindungi masyarakat dari risiko kesehatan yang timbul akibat paparan logam berat (Adhani & Husaini, 2017).

### **2.3 Cemaran Logam Berat Dalam Air Sumur**

Cemaran logam berat dalam air merujuk pada keberadaan logam berat dalam konsentrasi yang dapat membahayakan kesehatan manusia jika terjadi paparan berlebihan. Logam berat ini termasuk senyawa kimia yang memiliki berat atom tinggi dan biasanya tidak mudah terurai dalam lingkungan. Beberapa contoh logam berat yang sering diteliti dan ditemukan dalam air sumur antara lain timbal (Pb), kadmium (Cd), merkuri (Hg), arsenik (As), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), dan seng (Zn) (Handriyani, Habibah, & Dhayanaputri, 2020).

Paparan jangka panjang terhadap logam berat dalam air sumur dapat berpotensi menyebabkan masalah kesehatan serius, tergantung pada jenis logam, konsentrasi, dan durasi paparan. Misalnya, timbal dapat menyebabkan kerusakan pada sistem saraf, kadmium dapat berdampak negatif pada ginjal, sedangkan merkuri dapat mempengaruhi sistem saraf pusat. Selain itu, besi dan mangan yang berlebihan dalam air dapat memberikan warna, bau, atau rasa yang tidak diinginkan, dan jika terlalu tinggi konsentrasinya, dapat mengganggu kualitas air dan kesehatan penggunaannya. Oleh karena itu, pengujian dan pemantauan terhadap kandungan logam berat dalam air sumur sangat penting untuk menjaga kesehatan masyarakat dan memastikan kualitas air yang aman untuk digunakan (Tony, Ernawati, & Nursanto, 2021).

## 2.4 Logam Berat Fe (III)

Salah satu contoh logam berat yang sering ditemukan dalam air sumur adalah besi (Fe). Besi dalam air umumnya terdapat dalam bentuk ion  $\text{Fe}^{2+}$  (ferro) dan  $\text{Fe}^{3+}$  (ferri). Dimana ion  $\text{Fe}^{3+}$  (ferri) ini terbentuk akibat proses oksidasi dari ion  $\text{Fe}^{2+}$  menjadi  $\text{Fe}^{3+}$  yang kurang larut dan cenderung membentuk endapan atau partikel yang terlihat. Pembentukan  $\text{Fe}^{3+}$  ini dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti kehadiran oksigen di dalam air atau tanah, kondisi redoks (oksidasi-reduksi) di lingkungan akuifer, serta aktivitas mikroorganisme yang dapat mengoksidasi besi (Firmansyah, Yulianto, & Sedjati, 2013).

Pada air sumur gali sering ditemui kadar logam besi di beberapa wilayah yang melebihi batas persyaratan. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Nurzlan, dkk., (2023), dalam analisis Kandungan Logam berat (Fe) pada Air Sumur Galian di Desa Tanjung Anom Kecamatan Pancur Batu Kabupaten Deli Serdang, di dapatkan kadar logam besi sebesar 0,002-0,623 mg/L. Selain itu, penelitian juga dilakukan oleh Putri dan Muhammad (2020) dalam Penurunan Fe dan Mn Pada Air Sumur di Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sidoarjo, di dapatkan kadar logam Fe yaitu sebesar 5,48 mg/L. Dapat diketahui dari kedua penelitian tersebut tidak memenuhi batas maksimum kandungan logam Fe dalam air minum sesuai persyaratan yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan No.2 Tahun 2023 yaitu  $< 0,2$  mg/L.

Adanya kandungan Fe dalam air sumur yang melebihi batas maksimum menyebabkan perubahan warna pada air, yang dapat terlihat sebagai warna kuning, oranye, atau bahkan coklat, memiliki bau atau rasa logam yang tidak sedap, sering kali dijelaskan sebagai rasa atau bau seperti besi atau karat. Selain itu, dapat menyebabkan pembentukan endapan (Iyabu, Muhammad, & La Kilo, 2020). Konsumsi air dengan kandungan besi yang tinggi dapat memiliki dampak kesehatan serius, terutama jika terjadi paparan jangka panjang. Menurut WHO (*World Health Organization*) 2003, dampak mengkonsumsi air minum yang mengandung Fe dengan konsentrasi tinggi dan jangka panjang dapat menyebabkan nekrosis hemoragik dan pengelupasan area mukosa di lambung. Hal ini dikarenakan tubuh manusia

memiliki sistem yang terbatas untuk mengeluarkan atau mengekskresi ion Fe berlebih. Jika terlalu banyak ion Fe yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan atau air minum, ion ini dapat mengakumulasi dalam jaringan tubuh, terutama dalam hati, pankreas, dan jaringan lainnya. Karena itu, pengawasan, pengujian dan pengelolaan kualitas air sumur, termasuk kandungan besi dan ion  $\text{Fe}^{3+}$ , sangat penting untuk menjaga kesehatan masyarakat dan memastikan air yang dikonsumsi aman dan sehat (Ali Akbar, 2021).

## 2.5 Metode Pengujian Logam Fe (III)

Berikut adalah beberapa metode yang dapat digunakan :

### 1. Uji Kualitatif

#### a) Uji Kualitatif Vogel (1985)

Uji Vogel dapat mendeteksi adanya  $\text{Fe}^{3+}$  pada sampel dengan cara larutan sampel direaksikan dengan Kalium Tiosianida ( $\text{KSCN}$ ) 2N, apabila positif akan terjadi perubahan warna merah pada larutan sampel. Ion besi ( $\text{Fe}^{3+}$ ) yang ada pada sampel akan bereaksi dengan ion tiosianat dan menghasilkan senyawa kompleks  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  yang berwarna merah jingga. Namun, metode ini digunakan hanya untuk mendeteksi ada atau tidaknya kandungan Fe dalam sampel (Fahmi, Kurniawan, & Indrawati, 2022).

### 2. Uji Kuantitatif

#### a) Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk analisis logam besi (Fe). Spektrofotometri UV-vis dapat digunakan untuk analisis besi dalam air karena besi dalam larutan air dapat membentuk kompleks dengan senyawa organik seperti 1,10-fenantrolin atau senyawa lain yang menghasilkan warna yang berbeda. Kompleks ini absorpsi cahaya pada panjang gelombang tertentu, yang dapat diukur dengan spektrofotometer UV-vis. Dengan demikian, konsentrasi besi dalam sampel air dapat ditentukan berdasarkan absorbansi yang terukur pada panjang gelombang yang tepat. (Solikha, 2018).

Metode ini telah dipakai oleh beberapa peneliti untuk pengujian kadar besi terlarut dalam air, seperti yang dilakukan oleh Sriyana Ohi, dkk. (2020), dilakukan analisis kadar Fe (III) pada air sumur galian yang dikonsumsi masyarakat menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan didapatkan kadar Fe (III) pada 10 sampel sekitar 0,050 mg/L - 0,378 mg/L. Selain itu, metode ini juga dilakukan oleh Dyna (2020), dilakukan analisa kadar Besi (Fe) air sumur bor di Jalan Bakti Luhur Kelurahan Dwikora, Medan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan didapatkan kadar besi (Fe) pada 5 sampel berkisar antara 0,6 –1,49053 mg/L.

b) Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer serapan atom adalah teknik analisis yang dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi besi dalam air dengan sangat sensitif dan spesifik. SSA telah menjadi metode standar untuk analisis logam berat seperti Fe dalam air, dengan metode-metode validasi dan prosedur yang terstandarisasi secara internasional. Dengan kombinasi kepekaan, spesifisitas, presisi, akurasi, kecepatannya, dan kemampuannya dalam mengatasi interfensi matriks air menjadikan AAS sebagai metode pilihan yang tepat (Maghfiroh & Wibowo, 2021).

Metode ini telah digunakan oleh para peneliti terdahulu untuk menentukan kadar Fe pada sampel air. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Megawati dan Dyna (2021), dilakukan analisa kadar besi (Fe) dalam air di depot air minum isi ulang yang berada di Kelurahan Dwikora Kecamatan Medan Helvetia Kota Medan dan didapatkan kadar besi (Fe) pada 10 sampel yaitu antara 0,10 mg/L - 0,59 mg/L. Selain itu, penelitian juga dilakukan oleh Arrizal, dkk. (2021) dilakukan analisis kadar logam besi (Fe) pada air sumur bor di Kecamatan Praya Tengah menggunakan spektrofotometri serapan atom dan didapatkan kadar besi (Fe) pada tiga sampel berskisar antara 0,2338 mg/L - 0,6796 mg/L.

c) *Inductively Coupled Plasma Optical Emission (ICP-OES)*

ICP-OES (Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectroscopy) sebenarnya sering digunakan untuk analisis unsur dalam berbagai sampel, termasuk air. Metode ini dapat digunakan untuk analisis pada sampel air dan telah digunakan oleh beberapa peneliti, seperti penelitian yang dilakukan oleh Nusyura, dkk., (2023) dalam Analisis Kadar Logam Kadmium, Mangan, dan Seng Dalam Air Limbah Secara *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* dan didapatkan kadar logam Cd dalam air limbah < 0.0070- 0.0504 (mg/L), Kadar logam Mn 0.0661-0.9270 (mg/L) serta kadar logam Zn 0.1823- 1.1202 (mg/L).

Namun, ada beberapa faktor yang membuatnya jarang digunakan oleh peneliti dikarenakan biaya instrumen dan operasional yang mahal untuk pemeliharaan alat, terdapat kapasitas dalam analisisnya walaupun dapat melakukan analisis multi unsur namun prosesnya membutuhkan waktu yang lebih lama, dan memerlukan keterampilan teknis yang cukup tinggi untuk pengaturan instrument (Sultana, Husne, Miuhammad, dkk., 2023).

## **2.6 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**

Spektrofotometri Serapan Atom adalah suatu metode analisis kuantitatif yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar. Spektrofotometer Serapan Atom terdiri dari sumber cahaya, ruang sampel dan detektor (Sugito, 2022). Pada sinar lampu katoda dengan panjang gelombang tertentu akan dilewatkan kepada atom dalam nyala api sehingga elektron pada kulit terluar dari atom naik ke tingkat energi yang lebih tinggi atau tereksitasi. Kemudian radiasi akan diserap oleh atom dalam keadaan dasar (ground state) dan panjang gelombang berbanding lurus dengan banyaknya sinar yang diserap (absorbance). Kemudian detektor akan meneruskan dan memancarkan sinar yang tidak diserap oleh atom. Sinar periodik ini bertepatan dengan cahaya

yang dipancarkan dari nyala api ke detektor. Jika detektor disambungkan dengan aplikator listrik dengan frekuensi yang sama dengan interupsi, hanya cahaya dari lampu yang terekam. Kemudian diubah menjadi sinyal yang terukur dan jumlah sinar yang diserap menunjukkan jumlah analit. Dalam pengukurannya dibutuhkan sebuah kurva standar yaitu hubungan antara konsentrasi analit dengan nilai absorbansi (Nasir, 2022).

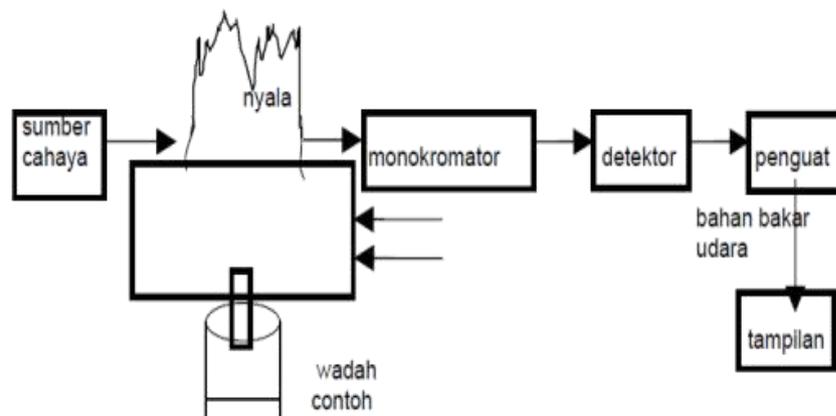
Hubungan serapan atom dengan konsentrasi dapat dinyatakan dengan hukum Lambert-Beer, yaitu : (Agustina, dkk., 2020)

A. Hukum Lambert :

Ketika sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan akan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.

B. Hukum Beer :

Intensitas sinar yang diteruskan akan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

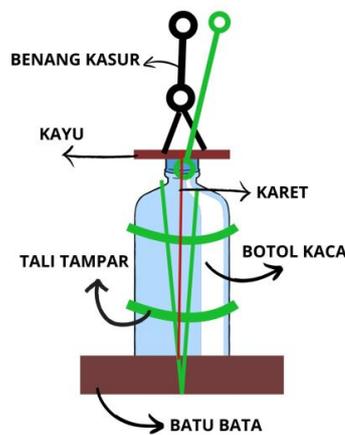


**Gambar 2.1 Rangkaian Komponen SSA**

## 2.7 Teknik Sampling Air Sumur Gali

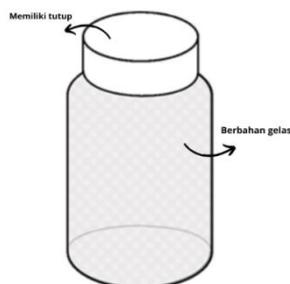
Pengambilan sampel merupakan hal yang penting dalam uji kualitas air dan harus mewakili keadaan air di lokasi pengambilan sampel. Keberhasilan metode pengambilan sampel juga tergantung pada peralatan sampling (Sampulawa & Tumanan, 2016) . Salah satu alat yang dapat

digunakan untuk pengambilan sampel air sumur adalah botol sampling. Botol sampling dengan pemberat dibawahnya cocok digunakan untuk pengambilan langsung dari kedalaman yang lebih dangkal seperti air sumur gali (Badan Standarisasi Naional, 2021). Ketentuan alat sampling untuk pemeriksaan logam harus memenuhi syarat sesuai dengan SNI 06-2412-1991 yaitu, terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh, mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya, contoh mudah dipindahkan dalam botol penampungan tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya, kapasitas alat 1-5 liter tergantung dari maksud pemeriksaan, mudah dan aman dibawa, dan bebas dari kontaminan .



**Gambar 2.2 Contoh Alat Sampling**

Alat sampling ini diturunkan pada kedalaman tertentu kemudian contoh uji di pindah kedalam wadah dan dilakukan pengawetan. Wadah yang digunakan adalah berbahan gelas / plastic polipropilena (PP) / polietilena (PE)/ PTFE, terbuat dari bahan yang tidak bereaksi dengan contoh, dapat ditutup kuat dan rapat, bersih dari kontaminan, tidak mudah pecah atau bocor, dan mudah serta aman saat transportasi (Badan Standarisasi Nasional, 2021).



**Gambar 2.3 Contoh Wadah Penyimpanan Contoh Uji**