

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Lumpur Lapindo**

Bencana banjir lumpur panas terjadi di Kabupaten Sidoarjo atau lebih dikenal dengan Lumpur Lapindo merupakan peristiwa yang terjadi pada tanggal 28 Mei 2006, bencana ini terjadi karena PT. Lapindo Brantas, Inc. melakukan survey seismik untuk mencari minyak dan gas bumi di lokasi yang tidak diketahui. Namun, terjadi kesalahan fatal yang menyebabkan lumpur panas dan gas beracun menyembur di dekat sumur pengeboran. (Elika, Resnawaty and Gutama, 2017)



**Gambar 2. 1 Lumpur Lapindo (Azanella, 2021)**

Untuk mengurangi semburan dan menjaga lingkungan sekitar, pemerintah provinsi Jawa Timur dan Tim Nasional pengendalian lumpur telah mengubah lokasi aliran semburan untuk mencegah semburan

menyebarkan ke pemukiman di sekitarnya. Namun, tanggul tidak dapat dibuat secara permanen, sehingga semburan menyebar luas. Setelah kegagalan tersebut, upaya untuk menghentikannya terus dilakukan. Akhirnya, pemerintah memutuskan untuk membangun tempat pembuangan air lumpur yang mengarah ke laut melalui Sungai Porong dan Sungai Aloo. (Purnomo and Rahayu, 2022)

Keputusan tersebut menunjukkan bahwa pencemaran logam berat pada air, yang merupakan sumber daya alam dan kebutuhan sehari-hari masyarakat sekitar, akan berdampak pada ekosistem air, membahayakan kesehatan masyarakat sekitar dan industri kelautan. (Mey Intakhiya, Santoso and Mutiarin, 2021)

## **2.2 Air**

### **2.2.1 Pengertian Air**

Air adalah zat cair yang tidak mempunyai rasa, bau, atau warna yang terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimia  $H_2O$ . Karena sifatnya yang hampir universal, air merupakan zat yang paling penting bagi semua bentuk kehidupan, termasuk manusia, tumbuhan, dan hewan. Sampai saat ini, air hanya digunakan sebagai sumber energi matahari.

Dalam jaringan hidup, air berfungsi sebagai medium untuk banyak reaksi dan proses ekstraksi. Beberapa organ tubuh manusia membutuhkan banyak air, seperti otak, ginjal, darah, dan otot, dan volume air dalam tubuh manusia rata-rata 65% dari berat tubuhnya.

Jumlah air ini bervariasi tergantung pada individu. Ginjal membutuhkan sekitar 2,3 liter air setiap hari untuk membersihkan darah, dan sebagian besar air diserap kembali ke dalam aliran darah.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M.2010 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang menetapkan bahwa untuk memenuhi semua kebutuhan individu, jumlah air yang diperlukan adalah 60 liter per hari. Kebutuhan akan air bersih akan terus meningkat setiap tahun. (Apritama, Suryawan and Adicita, 2020)

#### 1. Air Bersih



**Gambar 2. 2 Ilustrasi Air Bersih** (Indoraya, 2023)

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan sesuai dengan peraturan yang berlaku dan dapat diminum setelah dimasak, menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1405/MenKes/sk/i/2002 tentang Persyaratan

Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri.  
(Zulhilmi *et al.*, 2019)

## 2. Air Minum



**Gambar 2. 3 ilustrasi Air Minum** (Triofani, 2023)

Air minum didefinisikan sebagai air yang telah melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan dan memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung dikonsumsi, menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 16/Menkes/PER/IV/2010. Peraturan tersebut menetapkan bahwa setiap produksi air minum harus aman bagi kesehatan dan memenuhi persyaratan fisika dan parameter lainnya. (Silangen, Tilaar and Sembel, 2020)

### 2.2.2 Sumber Air

Air hujan, air permukaan, mata air, dan air tanah adalah beberapa sumber air baku yang dapat digunakan sebagai air bersih. Saat memilih sumber air baku, harus diperhatikan persyaratan kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. (Salim, 2019)

### **2.2.3 Baku Mutu Air**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, baku mutu air didefinisikan sebagai ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada, atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air yang dinilai masih layak untuk peruntukan tertentu (Ashar, 2020) :

1. Kelas I, air yang digunakan untuk air baku air minum atau tujuan lain yang membutuhkan kualitas air yang sebanding dengan air minum tersebut;
2. Kelas II, air yang digunakan untuk sarana rekreasi atau prasarana air, peternakan, pembudidayaan ikan air tawar, pengairan tanaman, atau peruntukan lain yang membutuhkan mutu air yang sama untuk penggunaan tersebut;
3. Kelas III, air yang digunakan untuk peternakan, pembudidayaan ikan air tawar, mengairi tanaman, atau tujuan lain yang membutuhkan mutu air yang sama;
4. Kelas IV, air yang digunakan untuk mengairi tanaman atau tujuan lain yang membutuhkan mutu air yang sama. (Ashar, 2020)

### **2.2.4 Persyaratan Air Bersih**

Terdapat beberapa persyaratan utama yang harus dipenuhi dalam penyediaan air bersih adalah sebagai berikut (Salim, 2019) :

## 1. Persyaratan Kualitatif

Peraturan Menteri Kesehatan No.416/Menkes/PER/IX/1990 tentang persyaratan dan pengawasan kualitas air menyatakan bahwa kualitas air baku air bersih harus memenuhi berbagai persyaratan fisik, kimia, biologis, dan radiologis.

**Tabel 2. 1 Standar Kriteria Air Bersih**

Parameter	Satuan	Golongan A	Golongan B	Golongan C
Fisika				
Temperatur	°C	Suhu udara	Suhu udara	Suhu udara
Warna	Unit Pt-Co	0-5	5-50	>50
Kekeruhan	NTU	0-5	5-23	>25
Residu terlarut	mg/L	1000	1000	1000
Daya hemat listrik	mg/L	-	-	-
Kimia				
pH	-	6,5-5-9	5-9	<5 >9
Kalsium (Ca)	mg/L	0-75	75-200	>200
Magnesium (Mg)	mg/L	0-30	30-150	>150
Kesadahan	°D	0-10	10-20	>20
Natrium (Na)	mg/L	200	-	-
Besi (Fe)	mg/L	0-0,1	0,1-1	>1
Mangan (Mn)	mg/L	0,1	0,5	0,1
Seng (Zn)	mg/L	0-1	1-15	>15
Krom VI (Cr)	mg/L	0-0,01	0,01-0,5	>0,5
Kadmium (Cd)	mg/L	0-0,01	0,01-0,1	>0,1
Timbal (Pb)	mg/L	0-0,01	0,01-0,1	>0,1
Klorida (Cl)	mg/L	0-200	200-600	>600
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/L	0-200	200-400	>400
Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	5-10	10-20	20
Nitrit (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	0-1	1,0	1,0
Alkaliti senyawa aktif	CaCO <sub>3</sub>	-	-	-
Birumetilen	mg/l	0,5	0,5	-

Sumber : (Salim, 2019)

### Keterangan

- Golongan A : Air baku yang digunakan untuk air yang tidak memerlukan pengolahan
- Golongan B : Air baku yang digunakan sebagai air bersih dengan pengolahan sederhana
- Golongan C : Air baku yang digunakan untuk air bersih yang memerlukan pengolahan yang intensif

#### 1) Syarat Fisik

Ciri fisik air minum harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa atau tawar.

- a. Warna nyata dan tampak adalah warna yang diperlukan untuk air minum. Warna tampak dihasilkan oleh zat atau benda yang tersuspensi dalam bahan organik, sedangkan warna asli dihasilkan oleh bahan bukan organik;
- b. Air minum tidak boleh memiliki rasa apa pun, baik itu asin, manis, pahit, atau asam;
- c. Air minum tidak boleh memiliki bau busuk atau amis;
- d. Suhu air minum harus setara dengan suhu udara, atau kurang lebih  $25^{\circ}\text{C}$ . Jika ada perbedaan, batas yang diizinkan adalah  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

#### 2) Syarat Kimia

- a. pH adalah faktor terpenting bagi air minum karena dapat mempengaruhi proses korosi pada perpipaan, khususnya pada pH  $<6,5$  dan  $>9,5$ ;

- b. Zat Padat Total (Total Solid) adalah bahan yang tertinggal sebagai residu pada penguapan dan pengeringan pada suhu 103-105°C;
- c. Zat organik, seperti  $\text{KMnO}_4$  yang ditemukan dalam air, terdiri dari zat-zat alam seperti tumbuhan, alkohol, selulosa, gula, dan pati; sintesa berasal dari proses industri; dan fermentasi berasal dari alkohol, asam, dan aktivitas mikroorganisme. Terlalu banyak bahan organik atau zat menimbulkan bau tidak sedap;
- d.  $\text{CO}_2$  agresif di air berasal dari ari udara dan dekomposisi zat organik.  $\text{CO}_2$  terdiri dari beberapa jenis:  $\text{CO}_2$  bebas, yang merupakan banyaknya  $\text{CO}_2$  yang larut dalam air;  $\text{CO}_2$  kesetimbangan, yang merupakan  $\text{CO}_2$  dalam air yang sebanding dengan  $\text{HCO}_3^-$ ; dan  $\text{CO}_2$  agresif, yang merupakan  $\text{CO}_2$  yang dapat merusak struktur dan pipa;
- e. Kesadahan total, juga dikenal sebagai kesadahan total, adalah sifat dalam air yang disebabkan oleh adanya ion kation seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , dan  $\text{Mn}^{2+}$  secara bersamaan. Air sadah memiliki titik didih yang lebih tinggi daripada air biasa, sehingga lebih banyak dibuang dalam sabun pencuci;
- f. Kalsium (Ca) dalam air memiliki peran penting dalam pertumbuhan tulang dan gigi, tetapi konsentrasi yang

lebih tinggi dari 200 mg/L dapat menyebabkan korosi pipa;

- g. Besi (Fe) dan mangan (Mn) adalah logam yang dapat menghambat proses desinfeksi karena daya pengikat klor (DPC) yang digunakan untuk mengikat zat organik dan mengikat besi dan mangan. Akibatnya, klor menjadi leboh lebih sedikit dan proses pengolahan air memerlukan desinfektan yang lebih besar. Selain itu, dapat menyebabkan air menjadi keruh;
- h. Tembaga (Cu), kekurangan tembaga dalam air lebih dari 1 mg/L dapat menyebabkan rasa tidak enak pada lidah dan kerusakan hati;
- i. Seng (Zn), kekurangan Zn lebih dari 5 mg/L dapat menyebabkan rasa pahit;
- j. Klorida (Cl), kadar klor melebihi 250 mg/L menyebabkan rasa asin dan korosif pada logam;
- k. Nitrit, bayi yang minum air minum yang mengandung nitrit dapat mengalami metha moglobinemia;
- l. Fluorida, kadar F di bawah 1 mg/L menyebabkan kerusakan gigi dan berwarna kecoklatan jika terlalu banyak;
- m. Logam Berat Lain (Pb, As, Cd, Cr, Hg, CN), ada kemungkinan logam berat dalam air dapat mengganggu

pencernaan, metabolisme oksigen, kanker, dan jaringan syaraf.

### 3) Syarat Biologis / Mikrobiologis

Air minum harus bebas dari kuman dan parasit. Bakteri patogen, jika ada, akan mengganggu kesehatan atau menyebabkan penyakit. E. Coli, indikator pencemaran air, dapat digunakan untuk mengidentifikasi bakteri patogen.

### 4) Syarat Radiologis

Air minum tidak boleh mengandung bahan radiologis seperti sinar alfa, beta, dan gamma. (Salim, 2019)

## 2. Persyaratan Kuantitatif

Jumlah air baku yang tersedia menunjukkan bahwa air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan jumlah penduduk. Jumlah air yang dibutuhkan bergantung pada kemajuan teknologi, sosial ekonomi, dan ekonomi lokal. Misalnya, negara maju membutuhkan jumlah air bersih yang lebih besar daripada negara berkembang.

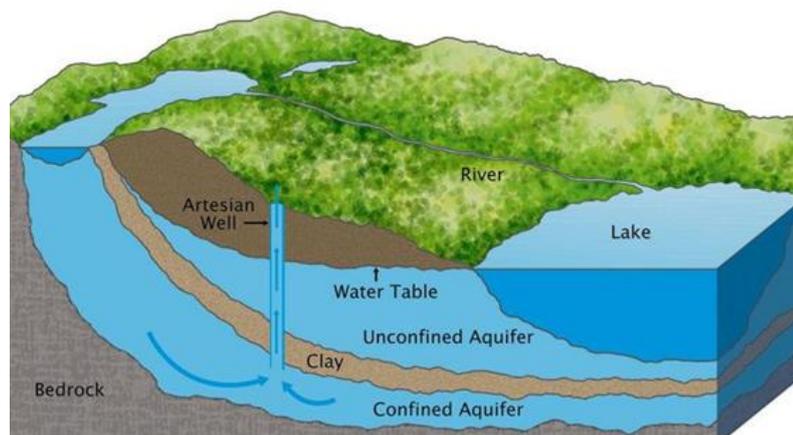
## 3. Persyaratan Kontinuitas

Untuk menyediakan air bersih, air baku harus diambil secara terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif konstan, baik pada musim kemarau maupun musim hujan. (Salim, 2019)

## 2.3 Air Tanah

### 2.3.1 Pengertian Air Tanah

Air tanah merupakan air yang terdapat dalam tanah yang bergerak dalam ruang batuan dan tersimpan sehingga mengalami penambahan secara alam kemudian bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akuifer. Pembentukan air tanah dilakukan secara alami disebut sebagai proses hidrologi (hydrologic cycle), dengan mengikuti siklus peredaran atau mengalir air dari tempat satu ke tempat yang lainnya secara terus menerus (Krisna, 2019)



**Gambar 2. 4 Skema Lapisan Air Tanah** (Nibras Nada, 2020)

Air tanah, juga dikenal sebagai groundwater, adalah air yang ditemukan pada afiker di bawah permukaan tanah. Dipengaruhi oleh porositas, permeabilitas lapisan tanah, dan pengisian kembali, pergerakan air tanah sangat lambat dengan kecepatan arus sekitar  $10^{-10}$  hingga  $10^{-3}$  m/detik. Sebagian besar kebutuhan air domestik orang dipenuhi oleh air tanah, terutama di negara maju, di mana sebagian besar penduduknya menggunakan air bersih dari air tanah. (Salim, 2019)

### 2.3.2 Air Sumur

Air sumur dapat berupa air sumur yang dalam ataupun yang dangkal, tergantung pada fungsinya. Sumur bor merupakan lapisan air tanah yang dilakukan dengan cara pengeboran sehingga kecil kemungkinan untuk terkontaminasi, karena jauh dari permukaan tanah, sedangkan sumur gali merupakan suatu konstruksi yang paling umum dan paling banyak digunakan oleh masyarakat, biasanya digunakan untuk mandi, mencuci, dan kebutuhan sehari – hari dengan kedalaman 7-10 m permukaan tanah (Suparyanto dan Rosad, 2020)



**Gambar 2. 5 Sumur Gali** (Ulfa, 2023)

Air tanah yang kontaminasi biasanya disebabkan oleh pengeboran atau penggalian sumur di dekat limbah rumah tangga atau industri karena air berasal dari lapisan tanah yang dekat dengan permukaan tanah, yang membuatnya rentan terkontaminasi. (Sari and Huljana, 2019)

## 2.4 Pencemaran Lingkungan

### 2.4.1 Pengertian Pencemaran Lingkungan

Lingkungan terdiri dari biotik dan abiotik. Biotik adalah kumpulan benda hidup, dan abiotik adalah kumpulan benda mati. Abiotik terdiri dari udara, air, cahaya matahari, tanah, suhu, dan komponen lainnya. Dekomposer, juga dikenal sebagai pengurai, konsumen, dan produsen adalah semua bagian biotik. Kedua komponen sangat terkait satu sama lain atau tidak dapat dipisahkan. (Rofik and Mokhtar, 2021)



**Gambar 2. 6 Pencemaran Lingkungan** (Gerbangkertosusilo, 2021)

Menurut diatur dalam Undang-Undang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup Nomor 4 Tahun 1982, Polusi lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan atau perubahan tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan menurun sampai ke tingkat tertentu yang

menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya semula. (Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Banten, 2021)

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, atau bahan lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. (Angelia, Akili and Maddusa, 2019)

#### 2.4.2 Pencemaran Air



**Gambar 2. 7 Ilustrasi Pencemaran Air** (Bhayangkara, 2021)

Polusi air, juga dikenal sebagai pencemaran air, dapat memiliki persepsi yang berbeda dari orang ke orang. Ini karena banyak referensi, termasuk kamus dan buku teks ilmiah, yang memberikan definisi istilah tersebut. Peraturan Pemerintah juga mendefinisikan pencemaran air, yang berasal dari definisi undang-undang tentang pencemaran lingkungan hidup. Pencemaran lingkungan hidup biasanya digambarkan sebagai pencemaran dari

bagian-bagiannya, seperti pencemaran air, pencemaran air laut, pencemaran air tanah, dan pencemaran udara. Oleh karena itu, definisi pencemaran air mengacu pada definisi lingkungan hidup yang diberikan oleh UU No. 23/1997 tentang lingkungan hidup. (Turang, Sambiran and Monintja, 2021)

### **2.4.3 Sumber Pencemaran Air**

Sumber pencemaran air didapatkan dari beberapa limbah, sebagai berikut (Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Banten, 2021) :

#### **a. Limbah industri**

Limbah industri dapat termasuk logam berat seperti Cadmium (Cd), merkuri (Hg), dan timbal (Pb), serta pewarna sintetis dan zat kimia lainnya. Melalui rantai makanan zat, zat-zat di atas dapat menyebabkan kematian pada tubuh hewan dan manusia.

#### **b. Limbah Pertanian**

Penggunaan pupuk yang berlebihan menyebabkan penimbunan NO di air, yang menyebabkan eutrofikasi. Gulma di air, seperti eceng gondok alga, tumbuh lebat menutupi permukaan air, sehingga sinar matahari tidak dapat masuk.

#### **c. Limbah Rumah Tangga**

Limbah rumah tangga seperti detergent, kaca, plastik, dan sebagainya menumpuk di air bersama limbah industri, menyebabkan kematian hewan dan penurunan oksigen, yang dapat membuat air menjadi oksigen miskin.

#### **d. Limbah Minyak**

Ketebalan minyak permukaan laut, limbah minyak bumi tumpah ke laut sebagai akibat dari kebocoran kilang minyak lepas pantai atau kecelakaan kapal tengker. Akibat: cahaya matahari tidak dapat masuk ke dalam air dan fitoplankton tidak dapat hidup karena tidak dapat berfotosintesis. Pertukaran udara dari udara ke air juga terganggu. (Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Banten, 2021)

#### **2.4.4 Dampak Pencemaran Air**

Ada beberapa penyakit yang masuk dalam katagori water-borne diseases, atau penyakit-penyakit yang dibawa oleh air, yang masih banyak terdapat di daerah-daerah. Penyakit-penyakit ini dapat menyebar bila mikroba penyebabnya dapat masuk ke dalam sumber air yang dipakai masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Sedangkan jenis mikroba yang dapat menyebar lewat air antara lain, bakteri, protozoa dan metazoa (Acheson, 2020)

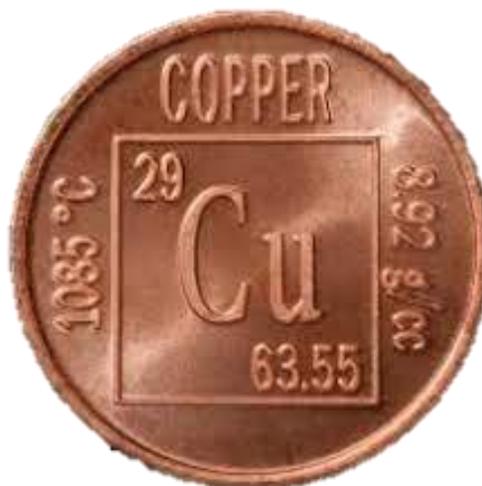
**Tabel 2. 2 Penyakit Manusia Akibat Pencemaran Air**

<b>Jenis Mikroba</b>	<b>Penyakit</b>	<b>Gejala</b>
<i>Vibrio cholerae</i>	Kolera	Diare, perut kram, mual, muntah, dan dehidrasi
<i>Escherichia coli</i>	Diare	Mual, muntah, demam, sakit kepala, perut kembung seperti terisi gas berlebih, sakit perut, kehilangan selera makan, merasa lemah, dan dehidrasi.
<i>Shigella dysenteriae</i>	Disentri	Kram perut yang menyakitkan, merasa sakit atau sakit (muntah), dan suhu badan yang tinggi.
Virus hepatitis A	Hepatitis A	Bertahan hingga 2 bulan dan termasuk kelelahan, mual, sakit perut, dan penyakit kuning
<i>Salmonella typhi</i>	Demam tifoid	Demam tinggi, merasa lemah, sakit perut, sakit kepala, diare atau sembelit, batuk, dan kehilangan nafsu makan.
Virus polio	Polio	Demam, kelelahan, sakit kepala, muntah, merasa kaku di area leher, dan nyeri pada anggota badan.
<i>Entamoeba histolytica</i>	Disentri amoeba	Diare dengan feses berlendir, infeksi usus besar.
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis	Diare dengan tinja yang berminyak atau berbusa. Sering buang gas atau kentut. Mual dan muntah. Perut kembung.
<i>Taenia saginata</i>	Taeniasis	Iritasi di area sekitar anus. Hal ini karena anus merupakan tempat keluarnya telur cacing dan cacing pita

Sumber : (Acheson, 2020)

## 2.5 Tembaga (Cu)

### 2.5.1 Pengertian Tembaga (Cu)



**Gambar 2. 8 Tembaga (Cu)** (Barokah, 2023)

Tembaga (Cu), juga dikenal sebagai tembaga murni (Cu), adalah sejenis logam berat yang berwarna kemerahan. Namun, lebih sering ditemukan terikat dengan ion lain, sehingga warna sulfat berbeda dengan logam tembaga murni. Tembaga termasuk golongan logam transisi golongan 1B dengan nomor atom 29 dan berat atom 63,55 g/mol, titik lebur 1083 °C, titik didih 2310 °C, jari-jari atom 1,173 Å dan jari-jari ion Cu<sup>2+</sup> 0,96 Å.

Tembaga sulfat pentahidrat (CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O) adalah salah satu bentuk senyawa Cu yang paling umum digunakan dalam berbagai industri, termasuk penyepuhan, pelapisan, pewarnaan kain, dan pencucian perak. (Khairuddin, Yamin and Kusmiyati, 2021)

### 2.5.2 Karakteristik dan Sifat Tembaga (Cu)

Cu terdapat dalam bentuk Cu<sup>+</sup> dan Cu<sup>2+</sup> dalam kompleks inorganik dan garam inorganik secara biologis. pH dan kondisi tanah

menentukan proses pengairan dalam tanah. Tanah yang asam dapat melarutkan kapur, sedangkan tanah yang basa dapat mempresipitasi kapur, sehingga mudah larut dalam air. (Napitupulu and Purwanti, 2022)

**Tabel 2. 3 Sifat Fisika dan Kimia**

Sifat Fisika dan Kimia	Satuan
Nomor Atom	29
Berat Molekul	63,55 g/mol
Jari – jari Atom	1,173 Å
Jari – jari Ion	Cu <sup>2+</sup> 0,96 Å
Titik Didih	2310 °C
Titik Lebur	1083 °C
Struktur Kristal	Face-Centered Cubic
Densitas	8960 kg m <sup>-3</sup>

Sumber : (Napitupulu and Purwanti, 2022)

### 2.5.3 Sumber Tembaga (Cu)

Secara global, ada dua perspektif ilmiah dan non-ilmiah tentang bagaimana logam tembaga dapat masuk ke dalam tatanan lingkungan. Secara ilmiah, ada kemungkinan bahwa logam dapat masuk ke dalam tatanan lingkungan melalui berbagai peristiwa alam, salah satunya adalah pengikisan (erosi) batuan mineral. Debu atau partikulat tembaga yang dibawa turun oleh hujan adalah sumber tambahan.

Jumlah total tembaga di kerak bumi sangat besar. Dengan konsentrasi rata-rata 50 ppm, 3 km bagian atas kerak benua bumi mengandung sekitar 60.000 miliar metrik ton dari tembaga. Namun, dalam praktiknya, hanya sebagian kecil dari ini jumlahnya dapat diekstrak secara ekonomis. Sulit untuk memprediksi ekstraksi akhir

dari sumber daya mineral. Ini tergantung pada a sejumlah faktor, yang tercermin dalam biaya ekstraksi, yang, pada gilirannya, ditentukan oleh kebutuhan material dan energi serta biaya mitigasi lingkungan, iklim dan dampak sosial. (Henckens and Worrell, 2020)

**Tabel 2. 4 Sumber Tembaga**

Infrastruktur	Utilitas Daya	14%
	Telekomunikasi	3%
	Listrik	6%
	Non listrik	5%
	Listrik otomotif	8%
	Otomotif Non Listrik	1%
Pembuatan Peralatan	Transportasi Lainnya	4%
	Produk Konsumen & Umum	9%
	Pendingin	8%
	Elektronik	5%

Sumber : (Henckens and Worrell, 2020)

#### 2.5.4 Toksikologi Tembaga (Cu)

Kebanyakan organisme memiliki kombinasi impor, penyerapan, dan perbaikan mekanisme ekspor untuk melindungi terhadap racun yang disebabkan oleh logam. Mekanisme ini mengatur status logam melalui protein yang mengikat logam pada tingkat transkripsi, penerjemahan, dan enzim. Seperti yang disebutkan di atas, adanya sistem penghantar ion logam dan pengawal yang rumit untuk mengatur Cu homeostasis menjamin Cu disediakan untuk protein esensial tanpa menyebabkan kerusakan sel. Gangguan pada homeostasis terhadap Cu dikaitkan dengan kerusakan jaringan dan sejumlah penyakit. (Gaetke, Chow-Johnson and Chow, 2014)

Debu-debu Cu adalah jenis tembaga yang paling beracun, dapat menyebabkan kematian pada dosis 3,5 mg/kg. Terpapar debu atau uap logam Cu paling sering menyebabkan keracunan pada manusia. Ini dapat menyebabkan masalah pada jalur pernafasan sebelah atas dan kerusakan atropik pada selaput lendir yang terkait dengan hidung. Gabungan sifat iritatif debu atau uap Cu menyebabkan kerusakan. (Ediputri, Andarari and Wardhana, 2017)

### **2.5.5 Dampak Tembaga (Cu) pada Kesehatan**

Bentuk-bentuk dampak keracunan tembaga (Cu) pada kesehatan dibagi menjadi 2 macam, yaitu (Gaetke, Chow-Johnson and Chow, 2014) :

#### **1. Keracunan Akut**

Gejala-gejala yang dapat dideteksi sebagai akibat keracunan akut adalah adanya rasa logam pada pernafasan penderita dan adanya rasa terbakar pada epigastrium dan muntah yang terjadi secara berulang-ulang.

#### **2. Keracunan Kronis**

Pada manusia, keracunan Cu yang kronis dapat dilihat dengan timbulnya penyakit Wilson dan Kinsky. Gejala dari penyakit Wilson ini adalah terjadi hepatic cirrhosis, kerusakan pada otak dan demyelinasi, serta terjadinya penurunan kerja ginjal dan pengendapan Cu dalam kornea mata. Penyakit Kinsky dapat diketahui dengan terbentuknya rambut yang kaku dan berwarna kemerahan pada penderita.

## 2.6 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)



**Gambar 2. 9** Alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)  
(ThermoFisher SCIENTIFIC)

Salah satu cara untuk mengukur konsentrasi logam dalam sampel yang diteliti adalah dengan menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). SSA adalah metode analisis yang mengukur konsentrasi logam dalam sampel menggunakan prinsip penyerapan radiasi (cahaya) oleh atom. Panjang gelombang radiasi yang diserap oleh atom bervariasi tergantung pada unsur yang diteliti. Panjang gelombang energi ini akan mengubah dan meningkatkan tingkat elektrolit atom. Jumlah elektrolit atom yang menyerap energi meningkat hingga mencapai tingkat eksitasi. Dengan mengukur jumlah energi yang diserap, jumlah logam dalam sampel dapat dihitung. (Lolo, Patandean and Ruslan, 2020)

Prinsip kerja dari metode ini ialah jumlah cahaya yang diserap oleh sampel sama dengan jumlah konsentrasi yang menjadi kontaminan dalam sampel. Prinsip ini dijabarkan dalam hukum Beer Lambert, dengan menghubungkan absorbansi cahaya dengan konsentrasi pada suatu bahan

yang mengabsorpsi, dijelaskan dengan persamaan berikut (Lolo, Patandean and Ruslan, 2020) :

$$A = \log (I_{in}/I_{out}) = (1/T) = a \times b \times c$$

Keterangan

A : Absorbance.

$I_{in}$  : Intensitas cahaya yang masuk.

$I_{out}$  : Intensitas cahaya yang keluar