

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Air Bersih**

##### 1. Pengertian

Air merupakan komponen yang penting pembentuk lingkungan sehingga ketersediaan air yang berkualitas mengindikasikan lingkungan yang baik (Chandra, 2006). Kegunaan air bagi tubuh manusia antara lain untuk proses pencernaan, metabolisme, mengangkut zat-zat makanan dalam tubuh, mengatur keseimbangan suhu tubuh, dan menjaga tubuh dari dehidrasi. Jika tubuh kehilangan banyak air, maka akan mengakibatkan kematian (Sutrisno & Suciastuti, 2010). Air merupakan salah satu media penularan berbagai macam penyakit. Melalui penyediaan air bersih baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya disuatu daerah, maka dapat mengurangi penyebaran penyakit dan dapat ditekan seminimal mungkin.

##### 2. Sumber Air Bersih

Menurut Chandra (2012) air yang diperuntukan bagi konsumsi manusia harus berasal dari sumber yang bersih dan aman. Berdasarkan letak sumbernya, air dapat dibagi menjadi air angkasa (hujan), air tanah, dan air permukaan

###### a. Air Angkasa

Air angkasa merupakan air yang berasal dari hujan. Air ini cenderung mudah mengalami pencemaran. Pencemaran tersebut dapat berasal karena adanya partikel debu, mikroorganisme, dan gas (seperti gas karbon dioksida, nitrogen, dan amonia).

b. Air Tanah

Air tanah (*ground water*) adalah semua air yang berada di dalam ruang batuan dasar yang mengalir secara alami ke permukaan tanah melalui rembesan. Sumber utama air tanah adalah air hujan. Air hujan yang jatuh di permukaan tanah akan mengalir dan sebagian akan meresap ke dalam tanah melalui proses infiltrasi. Air hujan tersebut bergerak terus ke bawah menuju zona jenuh air menjadi air tanah.

c. Air Permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang terkumpul di permukaan bumi seperti sungai, danau, rawa dan sebagainya. Air permukaan merupakan air hujan yang tidak terinfiltrasi (Cinar & Merdun, 2009). Air ini sangat mudah mengalami pencemaran, karena banyak digunakan untuk aktivitas makhluk hidup. Pencemaran tersebut dapat berupa lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota dan sebagainya.

3. Ciri – ciri Air Bersih

Berikut ini merupakan ciri-ciri air tersebut bersih dan aman untuk dikonsumsi antara lain:

- a. Terbebas dari kontaminasi atau mikroorganisme penyebab penyakit
- b. Terbebas dari bahan kimia yang berbahaya dan beracun
- c. Tidak berasa dan berbau
- d. Dapat dipergunakan untuk mencukupi kebutuhan domestik dan rumah tangga.
- e. Harus memenuhi standar minimal yang ditentukan oleh WHO atau Departemen Kesehatan RI.

## **B. Parameter Kualitas Air Bersih**

Kualitas air bersih yang baik harus sesuai dengan persyaratan Permenkes No. 32 Tahun 2017 yang meliputi kualitas parameter fisik, kimia, dan biologi

### **1. Parameter Fisika**

#### **a. Suhu**

Suhu atau temperatur air akan mempengaruhi masyarakat tentang penerimaan air, suhu air yang baik adalah  $\pm 3$  °c dari suhu udara disekitarnya. Berdasarkan aspek suhu air, suhu air yang tidak sejuk atau berlebihan dari suhu air yang normal akan mempermudah reaksi zat kimia. Sehingga akan secara tidak langsung berdampak terhadap keadaan kesehatan pengguna air (Slamet & Rini, 2014).

Suhu air dipengaruhi oleh iklim atau cuaca, jenis sumber air, waktu (siang dan malam). Pengaruh terjadinya peningkatan suhu disiang hari secara tidak langsung dipengaruhi oleh sinar matahari, intensitas cahaya matahari masuk kedalam air dan terjadi penyerapan sehingga menghasilkan panas. Panas yang dimiliki oleh air akan mengalami peningkatan secara perlahan – lahan antara pagi dan siang, dan akan mengalami perubahan perlahan - lahan antara siang dan malam serta dari musim ke musim.

#### **b. Bau dan Rasa**

Bau dan Rasa yang terdapat didalam air dihasilkan dari adanya kandungan senyawa kimia dalam air seperti amonia, kandungan besi yang tinggi dalam air atau karena adanya sisa bahan desinfektan (klor). Bau pada air juga dapat disebabkan karena benda asing yang masuk ke dalam air seperti bangkai binatang, bahan buangan, ataupun disebabkan karena proses

penguraian senyawa organik oleh bakteri karena air terkontaminasi oleh limbah. Apabila terdeteksi bau atau rasa pada air maka air tersebut tidak layak digunakan, hal tersebut terjadi karena adanya benda asing didalam air yang terlarut dan terurai sehingga dikhawatirkan dapat mengganggu kesehatan apabila air tersebut dikonsumsi.

c. Kekeruhan

Air yang berkualitas harus memenuhi persyaratan fisik seperti jernih atau tidak keruh. Air yang keruh disebabkan mengandung partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna/rupa yang berlumpur dan kotor.

d. Tidak Mengandung Zat Padatan

Zat padat adalah bahan yang tertinggal sebagai residu pada penguapan dan pengeringan pada suhu 103 – 105 °C.

Berdasarkan Permenkes No. 32 Tahun 2017 penentuan parameter secara fisik dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 1.** Parameter Fisik Air Sesuai dengan Permenkes No 32 Tahun 2017

No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu ( kadar maksimum )
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut ( <i>Total Dissolved Solid</i> )	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	Suhu udara ± 3
5.	Rasa		Tidak berasa
6.	Bau		Tidak berbau

Sumber : Permenkes No. 32 Tahun 2017

## 2. Parameter Kimia

Berdasarkan Permenkes No. 32 Tahun 2017 penentuan parameter secara kimia dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 2.** Parameter Kimia Air Sesuai dengan Permenkes No 32 Tahun 2017

No	Parameter	Kadar maksimum (Mg/l)
1.	Air raksa	0,001
2.	Arsen	0,01
3.	Besi	0,3
4.	Flourida	1,5
5.	Kadnium	0,003
6.	Kesadahan ( CaCO <sub>3</sub> )	500
7.	Klorida	250
8.	Total kromium	0,05
9.	Mangan	0,4
10.	Nitrat	50
11.	Nitrit	3
12.	Ph	6,5 – 8,5
13.	Selenium	0,1
14.	Seng	3
15.	Sianida	0,07
16.	Sulfat	250
17.	Timbal (Pb)	0,01

Sumber : Permenkes No. 32 Tahun 2017

## 3. Parameter Bakteriologis

Air bersih yang digunakan untuk hygiene sanitasi harus terbebas dari bakteri patogen seperti *Escherichia* dan *Coliform*. Bakteri tersebut adalah bakteri yang hidup normal didalam kotoran manusia maupun hewan. Bakteri tersebut dapat dijadikan indikator atau penanda bahwa air tersebut terkontaminasi kotoran atau feses dari manusia atau hewan, karena bakteri tersebut adalah organisme yang terdapat pada saluran pencernaan manusia maupun hewan (Fardiaz, 1992).

Berdasarkan Permenkes No. 32 Tahun 2017 penentuan parameter secara bakteriologis dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 3.** Parameter Bakteriologis Air Sesuai dengan Permenkes No 32 Tahun 2017

No	Parameter	Satuan	Kadar maksimum
1.	Total bakteri koliform	/100 ml	0
2.	Escheria coli	/100 ml	0

Sumber : Permenkes No. 32 Tahun 2017

### C. Sumur Gali

#### 1. Pengertian

Sumur gali merupakan sarana penyedia air bersih yang sumber airnya berasal dari air dangkal. Mempunyai kedalaman 7 – 10 meter dan berada dekat dengan permukaan tanah. Air tanah dangkal adalah sumber air yang terjadi akibat proses penyerapan air dari permukaan tanah. Air dangkal terlihat sangat jernih, tetapi banyak mengandung zat kimia (garam terlarut) dikarenakan lapisan tanah ini berfungsi sebagai penyaring dari unsur zat kimia. Setelah mengalami penyaringan dan menemui lapisan kedap air atau rapat air, maka air tanah dimanfaatkan sebagai sumber air bersih berupa sumur gali yang biasanya memiliki kedalaman 15 meter (Waluya, 2015).

Sumur gali biasanya sangat rentan terkena kontaminasi melalui rembesan. Rembesan umumnya berasal dari tempat pembuangan kotoran manusia, kakus/jamban, dan hewan atau bisa juga secara alami dari sumur itu sendiri, baik karena lantainya maupun saluran air limbahnya yang tidak kedap air. Keadaan konstruksi dan cara pengambilan air sumur gali juga merupakan sumber kontaminasi, misalnya sumur yang terbuka dan pengambilan air dengan

timba. Sumur dianggap mempunyai tingkat sanitasi yang baik apabila minim kontak dengan manusia.

## 2. Persyaratan Sumur Gali

Syarat sumur gali dikatakan sehat apabila memenuhi persyaratan sebagai berikut

### a. Lokasi dan Jarak

Agar sumur terhindar dari adanya pencemaran atau kontaminasi, maka lokasi tidak boleh berada di daerah yang rawan banjir minimal 15 meter dan lebih tinggi dari sumber pencemar seperti kakus, kandang ternak, tempat sampah, dan tempat pembuangan limbah industri. Selain itu, jarak sumur minimal berjarak 10 meter dari sumber pencemar.

### b. Dinding Sumur

Dinding sumur dapat terbuat dari batu bata atau batu kali yang disusun dan disemen, akan tetapi yang paling disarankan menggunakan pipa beton. Penggunaan pipa beton bertujuan agar pada saat longsor, pipa akan menahan longsornya tanah dan mencegah kontaminasi air sumur.

### c. Bibir Sumur

Bibir sumur biasa terbuat dari tembok yang kedap air minimal 70 cm untuk mencegah pengotoran air permukaan serta untuk aspek keselamatan pengguna.

### d. Lantai Sumur

Lantai sumur terbuat dari tembok yang kedap air  $\pm$  1,5 meter lebarnya dari dinding sumur, dibuat agak miring dan ditinggikan 20 cm di atas permukaan tanah dan membentuk bulat atau segiempat.

## **D. Pencemaran Air**

### 1. Pengertian

Menurut PP No 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air adalah turunnya kualitas air sampai ke tingkat tertentu sehingga tidak lagi sesuai untuk peruntukannya. Yang dimaksud dengan tingkat tertentu adalah baku mutu air yang ditetapkan dan berfungsi sebagai tolok ukur untuk menentukan telah terjadinya pencemaran air.

### 2. Sumber Pencemaran Air

Sumber pencemaran air dapat dikategorikan menjadi 2 sumber yaitu sumber kontaminasi secara langsung dan tidak langsung. Yang merupakan sumber pencemaran air secara langsung yaitu apabila sumber air tercemar dengan limbah dari suatu industri, TPA sampah, rumah tangga dan sebagainya. Sumber tak langsung adalah kontaminan yang memasuki badan air dari tanah, air tanah atau atmosfer berupa hujan.

### 3. Indikator Air Tercemar

Pembuangan air limbah yang secara langsung dibuang ke lingkungan dapat menjadi penyebab utama pencemaran air. Berikut ini merupakan beberapa indikator air sudah tercemar antara lain (Wisnu, 2004) :

- a. Adanya perubahan suhu air.
- b. Adanya perubahan pH atau konsentrasi ion Hidrogen.
- c. Adanya perubahan warna, bau, dan rasa.
- d. Timbulnya endapan, koloidal, dan bahan terlarut.

- e. Adanya mikroorganisme.
- f. Meningkatnya radioaktivitas air.

## **E. Logam Berat**

Logam berat dibagi ke dalam dua jenis, yaitu (Wahyu,2008) :

1. Logam berat esensial yaitu logam berat yang dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme. Tetapi apabila dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek toksik. Contohnya adalah Zn, Cu, Fe, Co, dan Mn
2. Logam berat tidak esensial yaitu logam berat yang keberadaannya didalam tubuh organisme belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat toksik. Contohnya adalah Hg, Cd, Pb, dan Cr.

Logam berat dapat menimbulkan efek toksik terhadap kesehatan manusia, tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh dan seberapa besar dosis paparannya. Efek toksik dari logam berat dapat menghalangi kerja enzim sehingga akan mengganggu metabolisme dalam tubuh, dapat menyebabkan alergi, bersifat mutagen, teratogen, atau karsinogen bagi manusia maupun hewan.

## **F. Timbal (Pb)**

1. Pengertian

Timbal (Pb) merupakan logam berat yang sangat beracun bagi tubuh, dapat dideteksi secara praktis pada seluruh benda mati di lingkungan dan seluruh sistem biologis (Suhendrayatna, 2001). Timbal (Pb) adalah sejenis logam yang lunak dan berwarna coklat kehitaman, serta mudah dimurnikan dari pertambangan. Dalam pertambangan, logam ini berbentuk sulfida logam

(PbS), yang sering disebut galena. Di perairan alami Timbal (Pb) bersumber dari batuan kapur dan galena (Saeni, 1989 & Manik, 2007).

## 2. Sifat Timbal (Pb)

Sifat – sifat Timbal (Pb) menurut Darmono (1995) antara lain:

- a. Memiliki titik cair rendah sehingga jika digunakan dalam bentuk cair hanya membutuhkan teknik yang cukup sederhana dan tidak mahal.
- b. Merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah menjadi berbagai bentuk
- c. Timbal (Pb) dapat membentuk logam campuran (*alloy*) dengan logam lainnya, dan logam yang terbentuk mempunyai sifat yang berbeda dengan Timbal (Pb) murni.
- d. Memiliki densitas yang tinggi dibanding logam lain kecuali emas dan merkuri, yaitu 11,34 gr/cm<sup>3</sup>.

## 3. Sumber Pencemaran Timbal (Pb)

### a. Rumah Tangga

#### 1) Makanan

Semakin banyaknya makanan yang dijual dalam bentuk kalengan. Makanan yang berada atau disimpan di dalam kaleng berpotensi tercemar Timbal (Pb) (ATSDR,2009). Dalam jumlah kecil Timbal (Pb) dalam makanan kaleng tidak berbahaya terhadap kesehatan manusia, akan tetapi apabila jumlah Timbal (Pb) dalam keadaan melampaui batas akan menyebabkan terjadinya keracunan baik secara akut maupun kronis. Adapun batas Timbal (Pb) dalam makanan kaleng yang diperbolehkan menurut BPOM Nomor HK.00.06.1.52.4011 dan SNI Nomor 7387: 2009

adalah 1,0 mg/kg untuk daging olahan seperti sosis, kornet, dan bakso.

## 2) Air

Lebih dari 99 % proses pendistribusian menggunakan pipa dan keran air sehingga sangat berpotensi mencemari atau mengkontaminasi air minum. Jumlah Timbal (Pb) yang masuk ke dalam tubuh melalui air minum akan lebih tinggi di masyarakat dengan pasokan air asam. Air asam memudahkan Timbal (Pb) yang terdapat di pipa, solder berTimbal (Pb), dan keran air yang terbuat dari bahan kuningan dapat dengan mudah masuk dan mengkontaminasi air tersebut (ATSDR, 2009).

## 3) Sayuran

Sayuran yang ditanam di daerah yang terletak di dekat jalan padat lalu lintas dapat terpapar logam Timbal (Pb) karena asap kendaraan bermotor yang mengandung logam Timbal (Pb).

Tanaman dapat menyerap logam berat dalam bentuk kation pada saat kondisi kesuburan dan kandungan bahan organik tanah rendah. Timbal (Pb) sebagian besar diakumulasi oleh organ tanaman seperti daun, batang, akar, dan umbi. Kandungan logam Timbal (Pb) pada sayuran dari yang tertinggi adalah pada sayuran wortel yaitu 13,7218 mg/kg, seledri sebesar 11,9941 mg/kg, timun sebesar 10,9319 mg/kg, tomat sebesar 8,7988 mg/kg, kentang sebesar 3,2160 mg/kg, dan yang terendah pada sayuran kol yaitu 1,4912 mg/kg (Nopriani, 2011).

b. Biota Laut

Kadar Timbal (Pb) yang berasal dari limbah rumah tangga yang padat penduduk dan lokasi pertanian berpotensi mensuplai logam berat secara langsung ke dalam badan air (Fitriani dkk., 2014). Menurut Anggraini (2007), dampak adanya logam berat di perairan berbahaya terhadap kehidupan organisme maupun terhadap kesehatan manusia. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat logam berat yang sulit didegradasi sehingga logam berat mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan sulit dihilangkan. Logam berat yang ada pada perairan akan turun dan mengendap pada dasar perairan kemudian membentuk sedimen. Hal ini akan menyebabkan organisme yang mencari makan di dasar perairan seperti udang, rajungan, dan kerang akan memiliki peluang yang besar untuk terpapar logam berat yang telah terikat di dasar perairan dan membentuk sedimen.

c. Peralatan Logam

Limbah industri, limbah rumah tangga dan limbah perdagangan juga mengandung bermacam-macam logam kimia berbahaya, salah satunya adalah Timbal (Pb). Timbal (Pb) dapat berasal dari kabel, peralatan dapur, koran bekas, kaleng bekas, sampah perdagangan, dan sebagainya. Limbah Timbal (Pb) tersebut dapat berupa gas, cair, dan padat. Timbal (Pb) juga dapat masuk ke dalam makanan yang diletakkan di piring keramik dan minuman yang dimasukkan ke dalam gelas kristal (ATSDR, 2009).

d. Kosmetik

Timbal (Pb) dapat digunakan untuk sediaan warna dalam dunia kosmetik. Apabila kosmetik yang mengandung Timbal (Pb) terus-menerus digunakan dan dioleskan pada kulit, maka Timbal (Pb) akan masuk ke dalam jaringan tubuh pemakai kosmetik tersebut melalui penetrasi kulit. Berdasarkan hasil penelitian, semua sampel yang digunakan dengan perbedaan merek ternyata mengandung Timbal (Pb). Dalam bentuk garam anorganik Timbal (Pb) dapat membentuk warna kuning yaitu  $PbCrO_4$ , warna abu-abu sampai hitam yaitu  $PbS$ , warna putih  $PbCl_2$ . Kadar Timbal (Pb) yang diperoleh berkisar antara 0,1-0,9 ppm (ATSDR, 2009).

e. Industri

Logam Timbal (Pb) digunakan dalam industri baterai, kabel, penyepuhan, pestisida, sebagai zat anti letup pada bensin, bahan peledak, pewarnaan cat, soil, pembangkit listrik tenaga panas, zat penyusun patri atau solder, serta sebagai formulasi penyambung pipa (Widowati dkk., 2008).

f. Transportasi

Searah perkembangan dan kemajuan transportasi menyebabkan semakin tingginya jumlah pengguna dan jenis kendaraan yang melintas di lalu lintas. Kepadatan arus lalu lintas disebabkan oleh tingginya volume kendaraan yang tidak sesuai dengan ketersediaan ruas jalan yang ada. Dampak negatif yang didapatkan adalah tingginya tingkat polusi udara lingkungan kota sebagai hasil emisi gas pembuangan kendaraan bermotor.

Adapun unsur yang terdapat dari hasil emisi gas buangan yang berbahaya diantaranya adalah unsur Timbal (Pb). Unsur Timbal (Pb) ini berasal dari bahan bakar bensin. Mesin kendaraan yang tidak sempurna dalam proses pembuangannya akan menyebabkan unsur Timbal (Pb) (Pb) menjadi unsur yang terlepas bebas di udara (Riyadina, 2002).

Menurut ATSDR (2009), orang-orang yang tinggal di dekat jalan raya yang padat kendaraan dimungkinkan terkena paparan Timbal (Pb) lebih besar. Anak-anak dapat terkena Timbal (Pb) melalui kontak tangan ke mulut setelah terpapar tanah atau debu yang mengandung Timbal (Pb). Timbal (Pb) dalam debu juga dapat berasal dari pelapukan cat dari bangunan, jembatan dan struktur lainnya.

#### 4. Nilai Baku Mutu Timbal (Pb) dalam Air

Bahan kimia pencemar air tanah sangat beragam yang biasanya terdiri dari komponen anorganik seperti logam berat yang berbahaya. Logam berat yang paling sering dijumpai dan mencemari lingkungan adalah merkuri (Hg), Timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd), arsenik (Ar), kromium (Cr), nikel (Ni) dan besi (Fe). Logam berat dapat memberikan dampak negatif terhadap manusia yang menggunakan air tersebut dan organisme yang ada diperairan.

Terdapatnya kandungan logam berat dalam organisme mengindikasikan adanya sumber logam berat yang berasal dari aktifitas alam atau manusia. Kandungan logam berat dalam suatu perairan secara alamiah relatif sedikit tetapi dengan adanya aktifitas masyarakat di sekitarnya seperti kegiatan industri, domestik, pertanian dan lainnya akan menjadi faktor penyebab

meningkatnya kandungan logam berat dan akan mencemari perairan. Hal ini terjadi karena logam berat sukar mengalami penguraian baik secara fisika, kimia ataupun biologis

Timbal (Pb) pada perairan ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Timbal (Pb) relatif dapat larut dalam air dengan pH < 5 dimana air yang bersentuhan dengan timah hitam dalam suatu periode waktu dapat mengandung > 1 µg Pb/l, sedangkan batas kandungan dalam air minum adalah 50 µg Pb/l. Kadar dan toksisitas Timbal (Pb) diperairan dipengaruhi oleh kesadahan, pH, alkalinitas, dan kadar oksigen (Effendi, 2003).

Menurut ATSDR (2009), dampak Timbal (Pb) terhadap Kesehatan Manusia dijelaskan seperti pada tabel 6.

**Tabel 5.** Dampak Timbal (Pb) terhadap Kesehatan Manusia

<b>Kel Umur</b>	<b>Timbal (Pb)dalam Darah (µg/dl)</b>	<b>Dampak terhadap Kesehatan</b>
Anak - anak	< 5 µg/dl	Terhambatnya <i>δ-aminolevulinic acid dehydratase</i> (ALAD)
	< 10 µg/dl	- Gangguan perkembangan syaraf - Gangguan kematangan seksual
	>15 µg/dl	- Gangguan metabolisme vitamin D - Peningkatan Eritrosit Protoporfirin (EP)
	>30 µg/dl	- Terhambatnya <i>nerve conduction velocity</i> (kecepatan konduksi syaraf)
	>40 µg/dl	- Terhambatnya sintesis hemoglobin
	>60 µg/dl	- <i>Colic</i>
Lansia	>4 µg/dl	Gangguan neurobehavioral
Dewasa	<5 µg/dl	Terhambatnya <i>δ-aminolevulinic acid dehydratase</i> (ALAD)

	<10 µg/dl	- Terhambatnya laju filtrasi glomerulus - Tekanan darah tinggi
	>20 µg/dl	Peningkatan Eritrosit Protoporfirin (EP)
	>30 µg/dl	Enzimuria/proteinuria
	>40 µg/dl	- Neuropati perifer - Efek neurobehavioral - Diubahnya hormon tiroid - Berkurangnya kesuburan
	>50 µg/dl	Terhambatnya hemoglobin

Sumber: ATSDR (2009)

#### 5. Dampak Timbal (Pb)

Ketersediaan logam berat di lingkungan dapat menimbulkan efek khusus pada makhluk hidup seperti penyakit Minamata, bibir sumbing, kerusakan sistem saraf, cacat pada bayi dan gangguan fungsi kekebalan tubuh.

Logam berat bila diserap ke dalam tubuh tidak dapat dimusnahkan dan bersifat racun. Pada manusia, logam berat dapat menimbulkan efek kesehatan tergantung dimana logam berat tersebut terikat di dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghambat kerja enzim sehingga proses metabolisme tubuh terganggu. Logam berat juga dapat menjadi penyebab alergi, karsinogen bagi manusia dan dalam dosis tinggi dapat menyebabkan kematian (Mairizki & Cahyaningsih, 2016). Efek toksisitas kronis sering dijumpai pada pekerja pertambangan dan pabrik pemurnian logam, pabrik mobil (proses pengecatan), penyimpanan bakteri, percetakan, pelapisan logam dan sistem pengecatan semprot (Darmono, 2001).

Dampak keracunan timbal (Pb) dapat mengakibatkan terhambatnya pembentukan hemoglobin, gangguan pada ginjal, otak, hati, sistem reproduksi, dan sistem saraf pusat (Fardiaz, 2006), selain itu juga dapat menyebabkan

gangguan jiwa pada anak (Saeni, 2006). 1989). Ketika unsur ini berikatan kuat dengan sejumlah molekul asam amino, hemoglobin, enzim, RNA, dan DNA, maka akan mengganggu saluran metabolisme dalam tubuh. Keracunan Timbal (Pb) juga dapat mengakibatkan gangguan sintesis darah, hipertensi, hiperaktif, dan kerusakan otak.

### G. Letak Geografis

Luas wilayah Desa Pagutan adalah seluas 53,85 hektar. Desa Pagutan merupakan salah satu dari 17 desa di wilayah Kecamatan Arjosari. Desa Pagutan terdiri dari 6 dusun saja dengan jumlah penduduk 1.896 Jiwa atau 586 KK. Desa Pagutan terdiri dari Dusun Krajan, Jatisari, Nguteran, Pajaran, Karang, dan Pule. Desa Pagutan dibatasi pada sebelah utara ada Desa Arjosari, disebelah selatan ada Desa Ketepung, sebelah timur ada Desa Gembong, dan disebelah barat ada Desa Gunungsari.

Desa Pagutan beriklim kemarau dan penghujan hal tersebut mempunyai pengaruh langsung terhadap pola tanam yang ada di desa tersebut. Jenis tanah yaitu jenis litosol. Jenis tanah litosol mempunyai karakteristik berbatu, karena adanya pembentukan batuan keras yang belum mengalami pelapukan. Jumlah penduduk berdasarkan profil Desa Pagutan Kecamatan Arjosari dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6.** Jumlah Penduduk di Desa Pagutan, Kecamatan Arjosari

No	Jenis Kelamin	Jumlah
1.	Laki - Laki	894 orang
2.	Perempuan	1002 orang

3.	Kepala Keluarga	586 KK
----	-----------------	--------

Sumber : Profil Desa Pagutan

## H. *Geographic Information System (GIS)*

### 1. Pengertian

*Geographic Information System (GIS)* merupakan sistem yang berbasis komputer yang terdiri dari penangkat keras (*hardware*), lunak (*software*) dan prosedur yang dapat digunakan untuk menyimpan, menganalisis dan memanipulasi informasi geografik. Terdapat lima komponen yang harus ada dalam sebuah sistem informasi geografis, yaitu perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), informasi geografis berupa data spasial (*spasialis data*), prosedur yang dijalankan (*methods*), dan manusia yang menjalankan sistem tersebut (*brainware*) (Hidayat dkk., 2016).

*Geographic Information System (GIS)* mengintegrasikan operasi-operasi umum database, seperti query dan analisa statistik, dengan kemampuan visualisasi dan analisa yang unik yang dimiliki oleh pemetaan. Kemampuan inilah yang membedakan *Geographic Information System (GIS)* dengan sistem informasi lainnya yang membuatnya menjadi berguna bagi kalangan untuk menjelaskan kejadian, merencanakan strategi, dan memprediksi apa yang terjadi (Setyawan, 2014).

*Geographic Information System (GIS)* mempunyai kemampuan untuk menjawab pertanyaan spasial maupun non spasial beserta kombinasinya dalam rangka memberikan solusi-solusi atas permasalahan keruangan. Hal ini berarti bahwa sistem ini memang dirancang untuk mendukung berbagai analisis

terhadap sistem informasi geografis, seperti teknik-teknik yang digunakan untuk meneliti dan mengeksplorasi data dari perspektif keruangan, untuk mengembangkan dan menguji model-model, serta menyajikan kembali datanya sedemikian rupa sehingga dapat meningkatkan pemahaman dan wawasan.

## 2. Kelebihan dan Kekurangan GIS

Terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan dalam penggunaan GIS. Kelebihan penggunaan GIS dapat membantu dalam meningkatkan integrasi organisasi, membolehkan pengguna untuk melihat, memahami, menafsirkan, dan menggambarkan data dalam banyak cara dan mengungkapkannya dengan hubungan, pola, dan trend, dalam bentuk peta, globe, laporan, dan carta, menyediakan soal dan jawaban dan menyelesaikan masalah dengan melihat kepada data dengan cepat dan mudah difahami, membantu untuk diintegrasikan ke dalam setiap kerangka sistem maklumat perusahaan, dan menyediakan lebih banyak peluang pekerjaan. Sedangkan kelemahan dalam menggunakan GIS diantaranya yaitu memerlukan cost yang agak mahal, data diperlukan dalam jumlah yang besar untuk input sebelum melakukan analisis (Hua, 2015).

### **I. Analisis Spasial dalam GIS**

Analisis spasial merupakan sekumpulan teknik yang digunakan untuk menganalisis data spasial, yang hasilnya sangat tergantung pada lokasi objek yang bersangkutan, untuk itu memerlukan akses baik terhadap lokasi objek maupun

atribut-atributnya. Sehubungan dengan hal tersebut, maka fungsi dari analisis spasial ini dapat memberikan informasi yang spesifik tentang peristiwa yang sedang terjadi pada suatu area atau unsur geografis pada selang waktu tertentu. Hasil analisis spasial pemodelan GIS ini dapat dijadikan sebagai dasar yang kuat bagi suatu keputusan atau pembuatan suatu kebijakan dalam kesehatan. Di bawah ini merupakan beberapa teknik untuk menghubungkan titik pada suatu wilayah menggunakan analisis spasial, yaitu :

1. Pengukuran, yaitu teknik mengukur langsung di suatu titik lokasi dengan skala berupa garis lurus, melengkung dan luas.
2. Analisis topografi, teknik ini berkaitan dengan fungsi overlay yaitu menggambarkan ada tidaknya hubungan kewilayahan antar variabel.
3. Analisis jaringan adalah analisis yang mengikuti jalur dan pola dari satu titik yang terhubung ke titik lain melalui deskripsi jaringan atau aliran, misalnya dengan menentukan rute terpendek untuk layanan darurat atau evakuasi.
4. Analisis permukaan, yaitu teknik untuk mengeliminasi data yang tidak diperlukan sehingga memudahkan untuk mengetahui hubungan faktor risiko dengan suatu unit atau penyakit dalam wilayah spasial.
5. Statistik spasial, dilakukan untuk mengetahui hubungan secara statistik, kecenderungan (*trend*) permukaan ataupun menentukan tetangga terdekat. Statistik spasial dapat memudahkan dalam mengukur suatu distribusi secara keruangan, identifikasi karakteristik suatu distribusi dan kuantifikasi pola geografis.
6. *Nearest Neighborhood Analysis (NNA)* adalah teknik statistik spasial yang

digunakan untuk menggambarkan secara kuantitatif hubungan antara dua distribusi data spasial dengan menghitung jarak kedekatan antara dua distribusi. Dengan menggunakan analisis ini, hasil *Nearest Neighbor Index (NNI)* akan mengukur jarak rata-rata antara sebuah instance (titik) dan lokasi instance terdekat lainnya. NNI menunjukkan hubungan antara jarak pengamatan (*observation distance*) dan jarak prediksi (*predicted distance*). Untuk hasil  $NNI < 1$ , kasus memiliki sampel yang homogen dan semua titik kasus terdistribusi searah dengan sampel semu.

Secara umum, fungsi analisis aspek spasial dapat dibedakan menjadi fungsi analisis atribut dan fungsi analisis spasial. Fungsionalitas analisis atribut mencakup operasi basis data dasar seperti membuat basis data baru, mengecilkan dan menghapus basis data yang tidak perlu, memasukkan basis data, dan membuka dan menyalin basis data ke sistem basis data lain.

Adapun fungsi analisis spasial terbagi menjadi :

1. *Klasifikasi*

Fungsi ini akan mengklasifikasi ulang data spasial atau non spasial sebagai data spasial yang baru sesuai dengan tolok ukur yang digunakan.

2. *Network (Jaringan)*

Fungsi ini menggunakan data spasial berupa noktah (*point*) atau garis-garis (*line*) kemudian membentuk kesatuan jejaring yang saling berhubungan satu sama lain.

Fungsi ini sering digunakan dalam bidang-bidang transportasi dan utility.

3. *Overlay*

Fungsionalitas ini membentuk suatu layer spasial baru dengan metode tumpang

susun dari setidaknya dua data spasial sebagai bahan komponen input. Keuntungan dari fungsi ini ialah memungkinkan kita melakukan penelusuran analisis data dan efisiensi dalam pengolahan data.

#### 4. *Buffering*

Fungsi ini memungkinkan terbentuknya suatu area penyangga atau zona tertentu di sekitar objek yang sedang diamati. Fungsi buffer dilakukan untuk mengetahui hubungan antara jarak dengan keberadaan Timbal (Pb)

#### 5. *3D Analysis*

Fungsi ini merupakan gabungan dari elemen-elemen fungsi yang berkaitan dengan penampilan data spasial dengan bentuk 3 dimensi (permukaan digital).

#### 6. *Digital Image Processing*

Fungsi ini tersedia pada perangkat SIG yang mengoperasikan model data raster yang didapatkan dari perekaman data satelit dengan format raster. Data raster memiliki informasi koordinat geografis yaitu citra hasil scan rupa bumi yang dijelaskan melalui grid.

### **J. Data Spasial**

Data spasial adalah sebuah data yang berorientasi geografis, mempunyai sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya dan dua bagian penting membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi (spasial) dan informasi deskriptif (*attribute*) yang dijelaskan sebagai berikut :

1. Informasi spasial yang berkaitan dengan suatu koordinat baik koordinat geografi (lintang dan bujur) dan koordinat XYZ, termasuk diantaranya

informasi datum dan proyeksi

2. Informasi deskriptif (*attribute*) atau informasi spasial, suatu lokasi yang memiliki beberapa keterangan yang berkaitan misalnya jenis vegetasi, populasi, luasan, dan kodepos. Data spasial yang dibutuhkan GIS dapat diperoleh dengan berbagai cara salah satunya adalah survei dan pemetaan, yaitu penentuan posisi/koordinat di lapangan. Dalam GIS, data spasial dapat dipresentasikan dalam dua format yaitu :

a. Data Raster

Data raster adalah data yang dinyatakan dalam bentuk garis dan kolom.

Gambar yang terbentuk terdiri atas sejumlah *cell*, ukuran terkecil *cell* tersebut dikenal dengan istilah *pixel (picture Element)*.

b. Data Vektor

Data vektor merupakan bentuk bumi yang dipresentasikan ke kumpulan garis, area, titik, dan nides (titik perpotongan antara dua buah garis).

Keuntungan utama dari format data vektor adalah ketetapan dalam mempresentasikan fitur titik, batasan dan garis lurus.

### **K. GPS (*Global Positioning System*)**

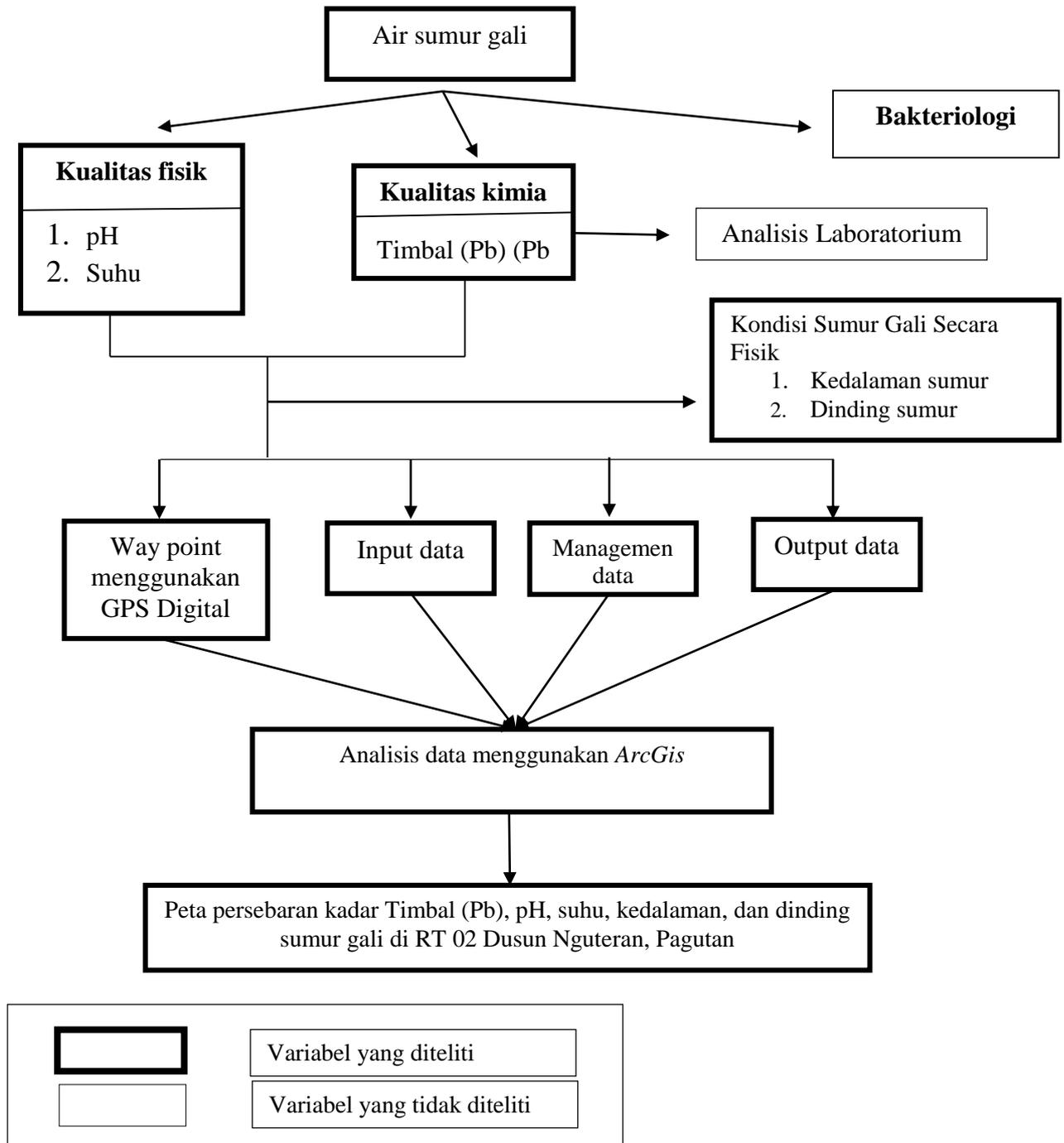
*Global Positioning System* adalah sistem navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit yang dikembangkan dan dikelola oleh departemen pertahanan Amerika Serikat. GPS dapat memberikan informasi tentang posisi, kecepatan, dan waktu dimana saja di muka bumi setiap saat, dengan ketelitian penentuan posisi dalam fraksi multimeter hingga meter. Keakuratan pengukuran GPS semakin tinggi

dengan berkembangnya teknologi dari kemampuan jangkauannya mencakup seluruh dunia dan dapat digunakan banyak orang setiap waktu yang sama. Beberapa kegunaan aplikasi GPS diantaranya adalah survei dan pemetaan survei penegasan batas wilayah administrasi dan pertambangan, geodesi, geodinamika dan deformasi, navigasi dan transportasi, telekomunikasi, studi traoporsif dan lonisfir, GIS.

#### **L. Peta**

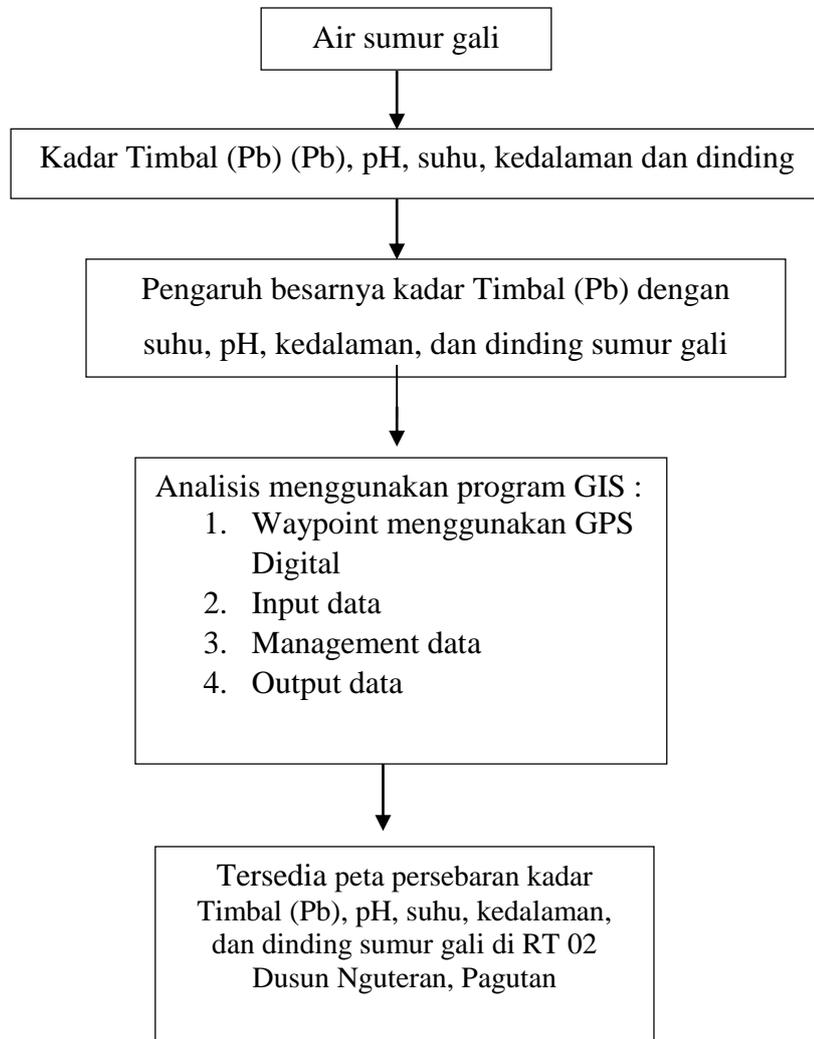
Peta adalah penampakan sebagian atau seluruh permukaan bumi yang digambarkan pada bidang datar pada skala dan proyeksi tertentu (secara matematis). Karena dibatasi oleh skala dan proyeksi maka peta tidak akan pernah selengkap dan sedetail aslinya (bumi), karena itu diperlukan penyederhanaan dan pemilihan unsur yang akan di tampilkan pada peta (Modul Pelatihan ArcGIS Tingkat dasar, 2007). Terdapat beberapa komponen penunjang dalam peta antara lain judul, garis tepi, skala, orientasi, garis astronomis, lettering, warna, tatis, legenda, sumber dan tahun pembuatan, serta inset.

## M. Kerangka Teori



**Gambar 1.** Kerangka Teori

## N. Kerangka Konsep



**Gambar 2.** Kerangka Konsep

## **O. Hipotesis Penelitian**

1. Peta sebaran kadar Timbal (Pb), suhu, pH, kedalaman sumur, dan dinding sumur gali di RT 02 Dusun Nguteran.
2. Ada pengaruh suhu, pH, kedalaman sumur, dan dinding sumur terhadap kadar Timbal (Pb) pada sumur gali di RT 02 Dusun Nguteran.
3. Ada pengaruh jarak sungai yang tercemar terhadap kadar Timbal (Pb), suhu, pH, kedalaman sumur, dan dinding sumur gali di RT 02 Dusun Nguteran.