

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Landasan Teori**

##### **1. Pengertian Air**

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004, air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat. Air permukaan adalah semua air yang terdapat pada permukaan tanah. Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum, air yang digunakan untuk Keperluan Higiene Sanitasi tersebut digunakan untuk pemeliharaan kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi dapat digunakan sebagai air baku air minum (Permenkes, 2017).

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan untuk hajat hidup orang banyak, bahkan oleh semua makhluk hidup (Effendi, 2007).

Air memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan makhluk hidup. Dalam kehidupan sehari-hari, air dipergunakan antara lain untuk keperluan minum, mandi, memasak, mencuci, membersihkan rumah, pelarut obat, dan pembawa bahan buangan industri (Sutrisno, 2004).

## 2. Sumur Gali

Sumur merupakan sumber utama yang banyak digunakan oleh masyarakat di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan air bersih setiap harinya. Sumber ini banyak dipilih karena lebih ekonomis dan air yang didapat juga memiliki kualitas yang baik. Berdasarkan jenisnya, sumur dapat dibedakan menjadi sumur gali, sumur pantek, dan sumur hidrolik atau sumur artesis. Penggunaan air sumur gali bertujuan sebagai alternatif bila suatu daerah belum terdapat PAM dan untuk menghemat penggunaan air PAM. Menurut Candra (2012), secara teknis sumur dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu:

1. Sumur Dangkal (Shallow well) Sumur semacam ini memiliki sumber air yang berasal dari resapan air hujan di atas permukaan bumi terutama di daerah daratan rendah. Jenis sumur ini banyak terdapat di Indonesia dan mudah sekali terkontaminasi air kotor yang berasal dari kegiatan mandi-cuci-kakus (MCK) sehingga persyaratan sanitasi yang ada perlu sekali diperhatikan.

2. Sumur Dalam (Deep well) Sumur ini memiliki sumber air yang berasal dari proses purifikasi alami air hujan oleh lapisan kulit bumi menjadi air tanah. Sumber airnya tidak terkontaminasi dan memenuhi persyaratan sanitasi.

Sumur gali adalah sarana penyediaan air bersih yang cara mengambil atau memanfaatkan air dengan mengambil air menggunakan tangan sampai mendapatkan air bersih (Depkes, 1991).

Diameter sumur gali antara 0,8-1 meter, lazim 0,8 meter, kedalaman sumur gali tergantung lapisan tanah, ketinggian dari permukaan air laut, ada tidaknya air bebas dibawah lapisan tanah (Gabriel, 2001).

Menurut (Joko 2010), terdapat 2 (dua) macam sumur gali yang dibedakan berdasarkan keadaan tanah, yaitu:

- a. Tipe I - bila keadaan tanah tidak menunjukkan gejala mudah retak atau runtuh. Dinding atas dibuat dari pasangan bata atau batako atau batu belah dengan tinggi 80 cm dari permukaan lantai. Dinding bawah dari bahan beton sedalam minimal 300 cm dari permukaan lantai.
- b. Tipe II - bila keadaan tanah menunjukkan gejala mudah retak atau runtuh. Dinding atas dibuat dari pasangan bata atau batako atau batu belah yang diplester bagian luar dan dalam setinggi 80 cm dari permukaan lantai. Dinding bawah sampai kedalaman sumur dari

bahan beton, sedalam minimal 300 cm dari permukaan bahan beton harus kedap air dan sisanya berlubang.

Menurut (Waluyo 2009), persyaratan kesehatan sarana air bersih yaitu sumur gali adalah sebagai berikut:

- a. Lokasi; Jarak sumur gali minimal 11 m dari sumber pencemar antara lain; jamban, air kotor, air comberan, tempat pembuangan sampah, kandang ternak dan lain-lain.
  - b. Lantai harus kedap air minimal 1m dari tepi atau sumur, tidak mudah bocor, mudah dibersihkan dan tidak tergenang air (kemiringan minimal 1-5%).
  - c. Tinggi bibir sumur 80 cm dari lantai dibuat dari bahan yang kuat dan rapat air.
  - d. Dinding sumur minimal 3 m dari lantai dibuat dari bahan kedap air dan kuat (tidak mudah rusak atau longsor).
  - e. Tutup Sumur; jika pengambilan air dengan pompa listrik harus ditutup rapat, sedangkan jika pengambilan air dengan ember harus ada ember khusus dengan tali timbanya. Untuk mencegah pencemaran ember dari timba harus selalu berada sibagian atas atau digantung (tidak boleh diletakkan di lantai).
3. Persyaratan Air Bersih

Kualitas air bersih harus memenuhi persyaratan sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan

Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum, yang meliputi persyaratan secara fisik, kimia, bakteriologis, dan radioaktif, antara lain sebagai berikut:

a. Persyaratan fisik

Persyaratan fisik adalah persyaratan air yang dapat diindera, baik dengan indera penglihatan, penciuman, maupun indera perasa, meliputi:

- 1) Air harus jernih, bersih, dan tidak berwarna.
- 2) Tidak berbau dan tidak mempunyai rasa apapun.
- 3) Suhu air kira-kira sama dengan suhu ruang, sehingga air bersih tidak terlalu dingin tetapi memberi rasa segar.

Dalam Permenkes No 32/Menkes/Per/VI/2017, terdapat 6 parameter fisik yang diatur.

Tabel 2. Baku Mutu Parameter Fisik Air

| Jenis Parameter | Satuan | Kadar maksimum     |
|-----------------|--------|--------------------|
| Bau             |        | Tidak Berbau       |
| Warna           | TCU    | 50                 |
| Total Zat Padat | mg/l   | 1000               |
| Kekeruhan       | NTU    | 25                 |
| Rasa            |        | Tidak Berasa       |
| Suhu            | °C     | Suhu Udara $\pm 3$ |

b. Persyaratan kimia

Persyaratan kimia air bersih adalah persyaratan yang menyangkut kadar atau kandungan zat kimia dalam air. Air bersih tidak boleh

mengandung zat-zat yang dapat mengganggu kesehatan manusia atau zat korosif yang dapat merusak pipa air bersih. Salah satu zat yang dapat menimbulkan berbagai masalah bagi kehidupan manusia adalah kandungan besi (Fe) yang terlalu tinggi dalam air. Konsentrasi besi terlarut yang masih diperbolehkan dalam air bersih adalah 1,0 mg/L. Apabila konsentrasi besi terlarut dalam air melebihi batas tersebut akan menyebabkan berbagai masalah, di antaranya gangguan teknis, gangguan fisik, gangguan kesehatan, dan gangguan ekonomis (Joko, 2010b).

Tabel 3. Baku Mutu Parameter Kimia Air untuk keperluan hygiene sanitasi

| Parameter                      | Satuan | Kadar maksimum yang di perbolehkan |
|--------------------------------|--------|------------------------------------|
| <b>Wajib</b>                   |        |                                    |
| pH                             | mg/l   | 6,5 – 8,5                          |
| Besi                           | mg/l   | 1                                  |
| Flourida                       | mg/l   | 1,5                                |
| Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> ) | mg/l   | 500                                |
| Mangan                         | mg/l   | 0,5                                |
| Nitrat, sebagai N              | mg/l   | 10                                 |
| Nitrit, sebagai N              | mg/l   | 1                                  |
| Sianida                        | mg/l   | 0,1                                |
| Detergen                       | mg/l   | 0,05                               |
| Pertisida total                | mg/l   | 0,1                                |
| <b>Tambahan</b>                |        |                                    |
| Air raksa                      | mg/l   | 0,001                              |
| Arsen                          | mg/l   | 0,05                               |
| Kadmium                        | mg/l   | 0,005                              |
| Kromium (valensi 6)            | mg/l   | 0,05                               |
| Selenium                       | mg/l   | 0,001                              |
| Seng                           | mg/l   | 15                                 |
| Sulfat                         | mg/l   | 400                                |
| Timbal                         | mg/l   | 0,05                               |
| Benzene                        | mg/l   | 0,01                               |

|                                  |      |    |
|----------------------------------|------|----|
| Zat organik (KMNO <sub>4</sub> ) | mg/l | 10 |
|----------------------------------|------|----|

c. Persyaratan bakteriologis

- 1) Tidak mengandung bakteri patogen, misalnya bakteri golongan colil, *Salmonella thyphi*, *Vibrio cholera*, dan lain-lain. Kuman-kuman ini mudah tersebar melalui air.
- 2) Tidak mengandung bakteri nonpathogen, seperti actinomycetes, phytoplankton, coliform, cladocera, dan lain-lain.

Tabel 4. Baku Mutu Parameter Mikrobiologi Air

| Jenis Parameter        | Satuan                   | Kadar Maksimum |
|------------------------|--------------------------|----------------|
| Total Bakteri Koliform | Jumlah per 100 ml sampel | 50             |
| E. coli                | Jumlah per 100 ml sampel | 0              |

4. Fe (Besi)

Besi atau ferrum (Fe) adalah metal berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk, di alam didapat sebagai hematite. Di dalam air minum, Fe menimbulkan rasa, warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan. Besi dibutuhkan oleh tubuh dalam pembentukan hemoglobin. Banyaknya Fe di dalam tubuh dikendalikan pada fase absorpsi. Tubuh manusia tidak dapat mengekskresikan Fe. Karenanya mereka yang sering mendapat transfusi darah, warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi Fe (Slamet, 2007).

5. Filter RIRA (Resin dan Arang Aktif)

Filter RIRA adalah alat filtrasi yang terdiri dari satu media filter yang tersusun atas resin kation setinggi 9,5 cm dan arang aktif setinggi 9,5 cm. Filter ini menggunakan housing dengan tinggi housing 25 cm, total volume alat filter adalah 5,1 liter.

Media filtrasi resin dalam filter RIRA ini berfungsi sebagai media pertukaran ion, dimana jika air mengandung ion Fe maka ion Fe akan diikat oleh resin menjadi R-Fe. Resin kation merupakan penukar ion positif (kationik) untuk menukar ion dengan muatan elektrolit yang sama.

Setelah melalui media filter resin kation, maka selanjutnya akan melewati media filter karbon aktif. Karbon aktif digunakan karena memiliki sifat adsorben dimana selain dapat mengeliminasi bahanbahan organik sulit terdegredasi, namun juga dapat mengeliminasi bahan terlarut yang terkandung dalam air.

## 6. Resin

Resin penukar ion adalah polimer yang berikatan dengan gugus fungsional yang mengandung ion yang dapat dipertukarkan. Pertukaran ion adalah sebuah proses fisika-kimia. Pada proses tersebut senyawa resin menerima ion positif atau negatif tertentu dari larutan dan melepaskan ion lain ke dalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama. Jika ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin tersebut dinamakan resin penukar kation, dan jika ion yang

dipertukarkan berupa anion, maka resin tersebut dinamakan resin penukar anion (Setiadi, 2017).

Resin penukar ion adalah suatu matriks yang tidak dapat larut berupa butiran yang memiliki diameter  $\pm$  1-2 mm. Resin tersebut pada umumnya terbuat dari suatu substratpolimer organik (Lestari, 2012). Pada mulanya resin penukar ion yang digunakan adalah dari material alami, namun dengan semakin majunya teknologi dan ilmu pengetahuan, saat ini telah digunakan resin penukar ion sintetik yang di buat dari kapolimerisasi zat-zat tertentu yang mengandung ion pelarutan sebagai gugus fungsinya (Nugroho dan Purwoto, 2013).

Resin adalah senyawa hidrokarbon terpolimerisasi sampai tingkat yang tinggi yang mengandung ikatan-ikatan hubung silang (cross-linking) serta gugusan yang mengandung ion-ion yang dapat dipertukarkan (Lestari dan Utomo, 2007). Pertukaran ion berlangsung dengan cara difusi fluida yang keluar masuk resin, sehingga ion-ion yang lebih besar dari ukuran tertentu tidak dapat bereaksi karena seleksi tertentu dari derajat ikatan silang resin. Gugus fungsi berupa asam atau basa yang diikat oleh polimer pembentuk resin dan menentukan sifat dasar dari resin yang dibentuk (Nugroho dan Purwoto, 2013).

Penggunaan resin merupakan salah satu metode untuk mengolah air dengan cara melewatkan air ke media resin. Pengolahan air dengan resin ini merupakan salah satu metode pemisahan menurut perubahan

kimia dengan cara menukar ion. Prinsip dari pengolahan air dengan resin adalah mengganti atau mempertukarkan ion yang terikat pada polimer pengisi resinnya dengan ion yang dilewatkan (Kusnaedi, 2010).

Berdasarkan gugus fungsionalnya, resin penukar terbagi menjadi dua yaitu:

a. Resin Penukar Kation (Ion Positif)

Resin penukar kation adalah resin yang akan menukar atau mengambil kation dari larutan (Kusnaedi, 2010). Resin ini bersifat asam sehingga dapat mengikat ion-ion positif dalam air baku. Resin kation merupakan penukar ion positif (kationik) untuk menukar ion dengan muatan elektrolit yang sama (positif) (Nuranto, 2000 dalam Wijayanti, 2012). Resin kation mengandung gugus karboksilat, sulfanoat, fenolat atau gugus lain dan sejumlah kation ekuivalen (Kusnaedi, 2010).

Apabila air mengandung ion Fe (besi) maka ion Fe akan diikat resin menjadi R-Fe. Namun, ikatannya tidak permanen sehingga bila telah jenuh, resin yang digunakan dapat dicuci dengan air hangat yang diberi garam (NaCl). Selanjutnya, resin akan murni lagi dan dapat digunakan kembali (Kusnaedi, 2010). Menurut Asmadi (2011), reaksi penghilangan Fe dengan siklus hidrogen (H) adalah:

Penghilangan Fe :  $R-H_2 + Fe(HCO_3)_2 \rightarrow R-Fe + 2 H_2O + 2 CO_2$

Regenerasi dengan NaCl :  $R-Fe + 2 HCl \rightarrow R-H_2 + FeCl_2$

b. Resin Penukar Anion (Ion Negatif)

Resin penukar anion mengandung anion yang dapat dipertukarkan. Resin penukar anion digunakan melalui suatu cara pemisahan berdasarkan muatan yang dimiliki oleh molekul zat terlarut (Kusnaedi, 2010). Resin ini bersifat basa sehingga dapat mengikat ion-ion negatif dalam air baku. Resin anion merupakan penukar ion negatif (anionik) untuk menukar ion dengan muatan elektrolit yang sama (negatif) (Nuranto, 2000 dalam Wijayanti, 2012). Resin anion dapat diregenerasi dengan larutan HCl (Hartomo dan Wijiatmoko, 1994). Menurut Asmadi (2011), reaksi penghilangan Fe dengan siklus untuk Na adalah

Penghilangan Fe :  $R-Na_2 + Fe(HCO_3)_2 \rightarrow R-Fe + 2 Na(HCO_3)$

Regenerasi dengan NaCl :  $R-Fe + 4 NaCl \rightarrow 2 R-Na_2 + FeCl_2$

7. Arang

Karbon atau arang adalah suatu bahan padat berpori yang dihasilkan melalui proses pirolisis dari bahan-bahan yang mengandung karbon. Arang aktif atau karbon aktif adalah arang yang konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain serta rongga atau porinya dibersihkan dari senyawa lain atau kotoran, sehingga

permukaan dan pusat aktifnya menjadi luas atau meningkatkan daya adsorpsi terhadap cairan dan gas (Sudrajat dan Soleh, 1994).

Arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben yang dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Nugroho, 2013).

Arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, berwarna hitam, berbentuk granula, bulat, pellet atau bubuk dan dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Arang aktif berbentuk kristal mikro karbon grafit yang pori-porinya telah mengalami proses pengembangan kemampuan untuk menyerap gas dan uap dari zat-zat yang tidak larut atau terdispersi dalam cairan (Kusnaedi, 2010). Karbon aktif mengandung sejumlah kecil oksigen dan hydrogen yang terikat secara kimia dalam bentuk gugus-gugus fungsi yang bervariasi, misalnya gugus karbonil (CO), karboksil (COO), fenol, lakton, dan beberapa gugus ekter. Oksigen yang ada dalam permukaan karbon aktif kadangkadang berasal dari bahan baku atau dapat juga terjadi pada proses aktivasi dengan uap (H<sub>2</sub>O) atau udara.

Arang aktif merupakan karbon amorph, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas, bersifat adsorben (Sujarwanto, 2014). Menurut Pari (2004)

dalam Fatriani (2009), arang aktif adalah arang konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain serta rongga atau pori dibersihkan dari senyawa lain atau kotoran sehingga permukaan dan pusat aktif menjadi luas atau daya adsorpsi terhadap cairan atau gas akan meningkat.

Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3500 m<sup>2</sup> /g dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif. Penghilangan bahan-bahan organik yang tidak diinginkan dapat dilakukan dengan menggunakan filtrasi arang aktif. Arang aktif digunakan karena arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben dimana dapat mengeliminasi bahan-bahan organik sulit terdegradasi maupun bahan terlarut yang terkandung dalam air bersih. Bahan organik tersebut dapat berupa ikatan-ikatan organik alami seperti bahan penyebab bau, rasa, warna atau dapat juga berupa ikatan halogen sintetis seperti pestisida (Wulandari, 2013).

Menurut Suprihatin dan Suparno (2000) dalam Wulandari (2013), adsorpsi berdasarkan pada atom bebas yang terdapat pada permukaan arang aktif, yang memiliki valensi efektif ke arah luar, gas dan bahan terlarut yang terkandung dalam air dapat terikat.

Sedangkan menurut Fitriani (2009), penurunan besi terjadi karena adanya fungsi serapan (adsorpsi), proses ini merupakan suatu serapan partikel terperangkap ke dalam struktur suatu media seolah-olah menjadi bagian keseluruhan dari media tersebut. Ini terjadi pada karbon aktif. Karbon aktif memiliki pori-pori sangat halus dan menjebakanya di sana. Dengan berjalannya waktu pori-pori ini pada akhirnya jenuh dengan partikel-partikel sangat halus tidak berfungsi lagi. Jenis-jenis arang yang biasa digunakan sebagai proses penyaringan air adalah arang kayu, arang batok, dan arang aktif.

#### 8. Dampak Fe (Besi)

Menurut (Joko 2010b) masalah yang ditimbulkan karena adanya besi dalam air melebihi batas akan menyebabkan, di antaranya:

##### a. Gangguan teknis

Endapan  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dapat menyebabkan efek-efek yang merugikan seperti mengotori bak dari seng, wastafel, dan kloset serta bersifat korosif terhadap pipa terutama pipa GI dan akan mengendap pada saluran pipa, sehingga mengakibatkan pembuntuan.

##### b. Gangguan fisik

Gangguan fisik yang ditimbulkan oleh adanya besi terlarut dalam air adalah timbulnya warna, rasa, bau. Air minum akan terasa tidak enak bila konsentrasi besi terlarutnya  $> 1,0 \text{ mg/L}$ .

##### c. Gangguan kesehatan

Sebenarnya zat Fe dibutuhkan oleh tubuh untuk pembentukan hemoglobin. Perkiraan minimum kebutuhan harian besi tergantung pada usia, jenis kelamin, status fisik serta metabolisme tubuh. Tetapi zat Fe yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh dapat menimbulkan masalah kesehatan. Hal ini dikarenakan tubuh manusia tidak dapat mengekskresi Fe, sehingga bagi mereka yang sering mendapatkan transfuse darah warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi Fe. Air minum yang mengandung besi cenderung menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Selain itu dalam dosis 20 besar dapat merusak dinding usus. Kematian seringkali disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini. Kadar Fe yang lebih dari 1 mg/L akan menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit. Apabila kelarutan besi dalam air melebihi 10 mg/L akan menyebabkan air berbau seperti telur busuk.

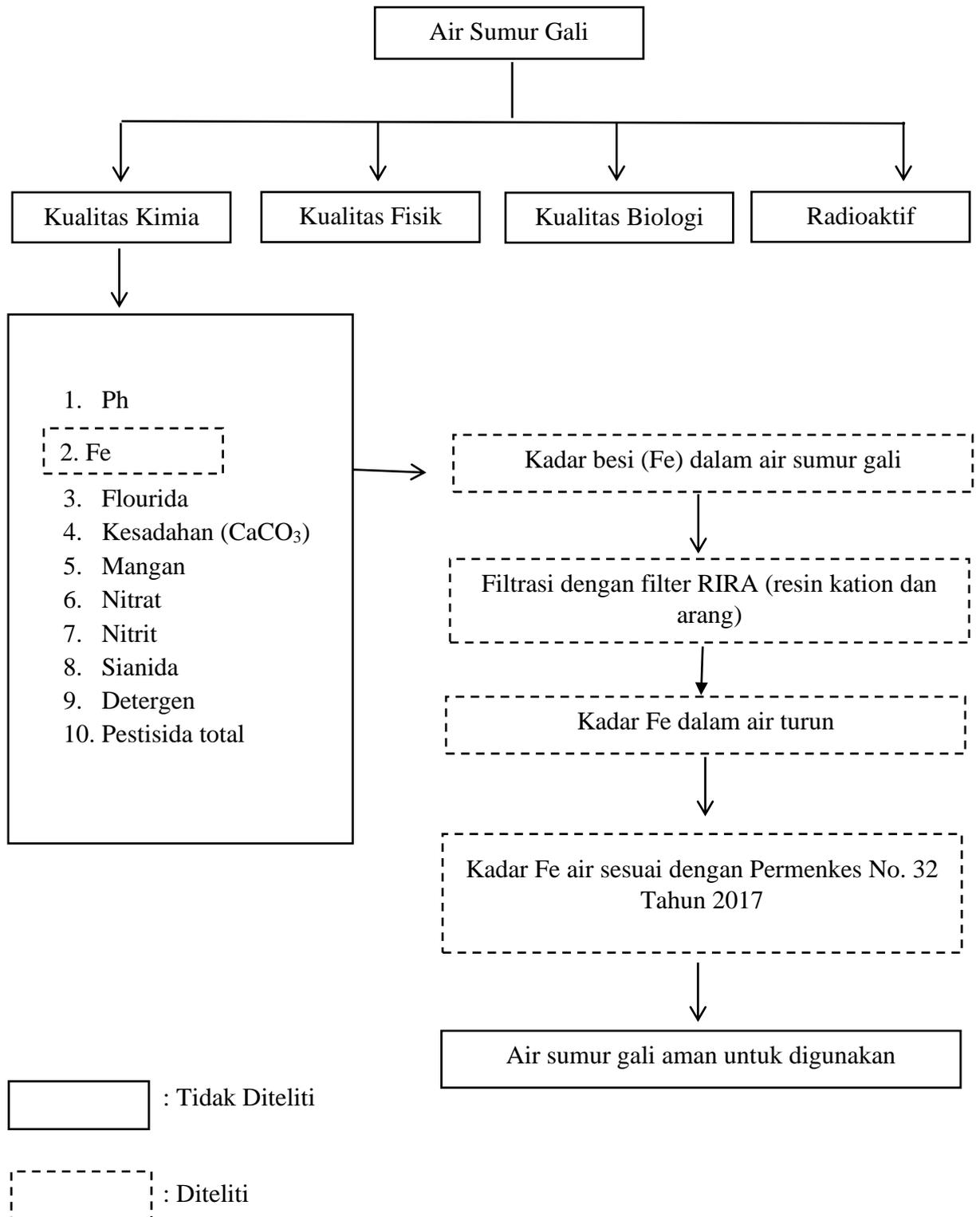
Pada hemokromatosis primer besi yang diserap dan disimpan dalam jumlah yang berlebihan. Feritin berada dalam keadaan jenuh akan besi sehingga kelebihan mineral ini akan disimpan dalam bentuk kompleks dengan mineral lain yaitu hemosiderin. Akibatnya terjadilah sirosis hati dan kerusakan pankreas sehingga menimbulkan diabetes. Hemokromatosis sekunder terjadi karena transfusi yang berulang-ulang dalam keadaan ini besi

masuk ke dalam tubuh sebagai hemoglobin dari darah yang ditransfusikan dan kelebihan besi ini tidak diekskresikan.

d. Gangguan ekonomis

Gangguan ekonomis yang ditimbulkan adalah tidak secara langsung melainkan karena akibat yang ditimbulkan oleh kerusakan peralatan sehingga diperlukan biaya untuk penggantian.

## B. Kerangka Konsep



Gambar 1. Kerangka Konsep

### **C. Pertanyaan Penelitian**

1. Berapakah kadar Fe air sumur sebelum dilakukan penyaringan menggunakan filter RIRA (resin kation dan arang)?
2. Berapakah kadar Fe pada air sumur setelah penyaringan menggunakan filter RIRA (resin kation dan arang)?
3. Bagaimana kemampuan/potensi filter resin kation dan arang dalam menurunkan kadar Fe dalam air?