

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Dasar Teori**

##### **1. Air Bersih**

Air adalah salah satu kebutuhan terpenting untuk makhluk hidup, salah satunya untuk kebutuhan air minum serta kebutuhan rumah tangga lainnya seperti mencuci, mandi, memasak, dan lain-lain. Maka sangat penting jika air yang digunakan memiliki kualitas yang baik, dalam arti yang baik dalam hal fisik (tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa) sedangkan dalam hal kimia, dimana pH-nya normal, tidak terkontaminasi oleh bahan-bahan kimia dan logam beracun serta harus bebas dari kuman.

Air bersih merupakan air yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari yang memenuhi persyaratan kesehatan dan dapat diminum langsung apabila sudah dimasak. Kualitas air umumnya menunjukkan kualitas atau kondisi air yang berkaitan dengan kegiatan atau kebutuhan tertentu. Oleh karena itu, perlu diketahui bagaimana air dapat dikatakan sebagai air bersih apabila telah memenuhi persyaratan kualitas air bersih yang sesuai dengan Permenkes 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.

## 2. Sumber Air Bersih

### a. Air Tanah

Air tanah adalah air yang ditemukan di tanah. Ada dua jenis air tanah yaitu air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal adalah air dari air hujan yang terikat oleh pepohonan. Air tanah ini terletak tidak jauh dari permukaan tanah dan berada dilapisan kedap air. Sedangkan air tanah dalam adalah air hujan yang menembus jauh di bawah tanah melalui proses adsorpsi dan penyaringan batuan bawah tanah dan mineral. Jadi menurut proses ini, air tanah yang dalam lebih jernih dari air tanah dangkal (Kumalasari, F dan Satoto, 2011).

### b. Air Permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang jatuh di permukaan bumi dan berkumpul di tempat-tempat yang relatif rendah seperti sungai, danau, air laut, waduk dan lain-lain.

### c. Air Hujan

Air hujan merupakan air angkasa yang berasal dari proses penguapan, kondensasi dan presipitasi, kemudian hasil proses tersebut menjadi air murni sebagai air. Air hujan yang bersih dapat di peroleh dengan menampung air hujan tersebut dari langit tanpa melauai talang air atau sejenisnya, karena air yang jatuh ke talang tidak terjamin kebersihannya karena sudah tercampur dengan kotoran dan debu yang ada ditalang air tersebut. Kualitas air yang dihasilkan oleh air hujan

adalah air murni seperti air suling atau *aquades* yang dihasilkan melalui proses *destilasi* atau penyulingan.

### 3. Air Sumur

Air tanah berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan, menembus atau diserap ke dalam tanah, dan menjalani proses penyaringan alami, membuat air tanah lebih baik dan lebih murni daripada air permukaan. Air tanah dapat digunakan untuk kepentingan manusia dengan membuat sumur atau pompa air. Ada dua jenis sumur, yaitu sumur dangkal dan sumur dalam (Chandra, 2014).

#### a. Sumur dangkal (*swallow well*)

Contoh sumur dangkal adalah sumur gali. Sumur gali merupakan jenis sarana air bersih dan telah lama dikenal masyarakat. Seperti namanya, sumur gali dibuat dengan menggali tanah sampai pada kedalaman lapisan tanah kedap air pertama, di bawah lapisan air tanah dangkal antara 6 meter sampai 15 meter dari permukaan tanah. Kuantitas air sumur gali ini tergantung pada musim, jika itu adalah musim hujan, akan ada banyak air. Namun, jika saat musim kemarau, jumlah air biasanya turun atau rendah.

#### b. Sumur dalam (*deep well*)

Sumur dalam memiliki kualitas sanitasi yang lebih baik daripada sumur dangkal dan tidak terkontaminasi. Sumber air sumur dalam berasal dari proses penyaringan alami air hujan yang mengalir melalui kerak bumi ke tanah (Chandra, 2014).

#### 4. Persyaratan Kualitas Air

Persyaratan kualitas air bersih di Indonesia ditatur dalam Permenkes No. 32/MENKES/PER/VI/2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Hygiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum. Standar kualitas kesehatan lingkungan untuk media air yang digunakan untuk tujuan sanitasi termasuk parameter fisik, biologis dan kimia, yang dapat berupa parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan parameter yang harus diperiksa secara berkala sesuai dengan peraturan perundang-undangan, sedangkan parameter tambahan merupakan parameter yang harus diperiksa ketika kondisi geohidrologi menunjukkan kemungkinan adanya potensi pencemaran pada sumber air. Peraturan yang diatur dalam permenkes antara lain:

##### a. Parameter Mikrobiologi

Parameter mikrobiologis diukur dengan adanya bakteri koliform dalam air bersih dan air minum, dan keberadaan *E.coli* yang merupakan indikator kontaminasi tinja. Standar baku mutu yang ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 1. Standar Baku Mutu Parameter Mikrobiologi Air

Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	50
<i>E. coli</i>	Jumlah per 100 ml sampel	0

Sumber: Permenkes No 32/Menkes/Per/VI/2017 (air untuk hygiene sanitasi)

b. Parameter Fisik

Ada 6 parameter fisik yang ditentukan dalam Permenkes No 32/Menkes/Per/VI/2017, antara lain sebagai berikut:

Tabel 2. Standar 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

Sumber: Permenkes No 32/Menkes/Per/VI/2017 (air untuk hygiene sanitasi)

c. Parameter Kimia

Persyaratan parameter kimia terdiri dari parameter wajib dan parameter tambahan. Permenkes No.32/MENKES/Per/VI/2017 membutuhkan 20 parameter air untuk sanitasi lingkungan dan memenuhi standar kualitas berikut:

Tabel 3. Standar 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
Kromidium (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

Sumber: Permenkes No 32/Menkes/Per/VI/2017  
(air untuk hygiene sanitasi)

#### 5. Besi (Fe)

Besi (Fe) adalah logam yang dapat ditemukan di hampir semua tempat, semua lapisan geologi, dan hampir semua badan air di bumi. Kandungan unsur ini dalam air baku alami adalah 0,5 hingga 50 mg/L. Zat besi (Fe) juga dapat ditemukan dalam air minum karena penggunaan koagulan besi atau karena korosi bahan lapisan besi dan pipa selama proses distribusi air (WHO, 2011).

Besi seperti juga cobalt dan nikel dalam tabel periodik termasuk logam golongan VII, dengan berat atom 55,85, berat jenis 7,86 dan mempunyai titik lebur  $2450^{\circ}\text{C}$ . Senyawa ferro yang sering ditemukan di air adalah  $\text{FeO}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{FeCl}_2$  dan lainnya, sedangkan senyawa ferri yang sering ditemukan adalah  $\text{FePO}_4$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dan lainnya (Asmadi et al., 2011).

Zat besi ditemukan berbagai macam mineral termasuk tanah liat. Dengan tidak adanya oksigen, zat besi larut dalam air. Ketika teroksidasi dalam kisaran pH 7 hingga 8,5, zat besi hampir tidak larut dalam air, dan konsentrasinya dalam air dapat dikurangi menjadi di bawah 0,4 mg/L. Karena zat besi tidak larut dalam air ketika benar-benar teroksidasi, konsentrasi besi sisa setelah diproses tergantung pada kemampuan untuk memisahkan endap dengan koagulasi atau filtrasi (Budiyono & Sumardiono, 2013).

Secara Umum keberadaan besi yang ada di dalam air bersifat terlarut sebagai ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) atau ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Besi merupakan logam yang menghambat proses desinfeksi. Dalam keadaan tereduksi ion besi di dalam air berada dalam bentuk ferro (ion besi dengan valensi II). Apabila terdapat bahan oksidator atau karena pengaruh oksigen di udara, bentuk ferro cepat teroksidasi menjadi ion ferri (ion besi dengan valensi III) dan dapat bereaksi lagi menjadi oksida yang tidak larut. Dalam kondisi asam, di mana nilai  $\text{pH} < 3,5$ , maka ion besi akan larut (Joko, 2010).

Konsentrasi zat besi yang larut dalam air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tubuh yang mempunyai beberapa fungsi esensial yaitu sebagai alat angkut oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh, sebagai alat angkut electron di dalam sel, dan sebagai bagian terpadu berbagai reaksi enzim di dalam jaringan tubuh. Zat besi dalam tubuh berperan penting dalam berbagai reaksi biokimia, antara lain dalam memproduksi sel darah merah. Zat besi berperan sebagai pembawa oksigen, bukan saja oksigen pernapasan menuju jaringan, tetapi juga dalam jaringan atau dalam sel (Almatsier, 2019).

Fungsi utama besi adalah membentuk sel darah merah (hemoglobin). Besi juga meningkatkan kualitas darah dan meningkatkan ketahanan terhadap stress dan penyakit. Besi penting bagi pembentukan formasi mioglobin yang terdapat pada otot. Apabila konsentrasi zat besi (Fe) dalam air telah melebihi ambang batas maka akan menimbulkan berbagai masalah seperti gangguan teknis, gangguan fisik, gangguan kesehatan, dan gangguan ekonomis. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 tahun 2017 tentang “Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Hygiene, Kolam Renang, Solusi Per Aqua, dan Pemandian Umum” bahwa parameter kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air Keperluan Hygiene Sanitasi, kadar maksimum besi (Fe) yang diperbolehkan adalah sebesar 1 mg/liter.

## 6. Mangan (Mn)

Mangan merupakan salah satu logam yang kandungannya paling besar dalam kerak bumi, biasanya ada bersama dengan besi. Zat Mangan merupakan salah satu digunakan terutama dalam pembuatan besi dan lapisan baja, sebagai oksidan untuk proses pembersihan, pemutihan, dan desinfeksi, sebagai kalium permanganat, dan sebagai ingredient dalam berbagai produk. Bentuk oksidatif yang paling penting untuk lingkungan dan biologi adalah  $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{4+}$  dan  $Mn^{7+}$ . Mangan terbentuk secara alami di sumber air permukaan dan air tanah, terutama dalam kondisi oksidasi yang rendah (WHO, 2004).

Mangan merupakan unsur logam golongan VII dengan berat atom 54,93 titik lebur  $1247^{\circ}C$  , dan titik didihnya  $2032^{\circ}C$ . Mangan dalam air bersifat terlarut dan mempunyai valensi dua, biasanya membentuk  $MnO_2$ . Mangan dalam jumlah kecil ( $< 0,5$  mg/L) tidak menimbulkan gangguan kesehatan, melainkan bermanfaat dalam menjaga kesehatan otak dan tulang, berperan dalam pertumbuhan rambut dan kuku, serta menghasilkan enzim untuk metabolisme tubuh untuk mengubah karbohidrat dan protein membentuk energi yang digunakan, tetapi dalam jumlah yang besar ( $> 0,5$  mg/L), mangan dalam air dapat menyebabkan noda pada pakaian, rasa logam pada air, menimbulkan bau amis dan bersifat neurotoksik. Kandungan mangan dalam air menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang syarat- syarat dan

pengawasan kualitas air bersih disebutkan bahwa kadar maksimum yang diperbolehkan adalah 0,5 mg/L.

## 7. Dampak Fe dan Mn

### a. Dampak Fe

Menurut (Joko, 2010) kandungan Fe dalam air dapat menyebabkan beberapa masalah antara lain:

#### 1) Gangguan Teknis

Endapan Fe (OH)<sub>3</sub> dapat menyebabkan efek buruk seperti mengotori bak yang terbuat dari seng, wastafel, dan kloset. Besi juga dapat merusak pipa dan menyebabkan pembuntuan.

#### 2) Gangguan fisik

Gangguan fisik yang disebabkan oleh adanya besi terlarut dalam air adalah munculnya warna, bau dan rasa. Jika konsentrasi besi terlarut > 1,0 mg/l, air minum akan terasa tidak enak.

#### 3) Gangguan kesehatan

Air yang mengandung Fe dibutuhkan oleh tubuh sebagai pembentukan hemoglobin. Akan tetapi, apabila kadar Fe melebihi standar baku mutu yang ditentukan maka Fe akan dapat menjadi sumber penyakit bagi manusia. Air yang mengandung Fe > 1 mg/l dapat menyebabkan iritasi mata, kulit dan terasa mual saat dikonsumsi. Selain itu, apabila air tersebut dikonsumsi dalam waktu yang lama akan menimbulkan rusaknya dinding usus hingga dapat menyebabkan kematian.

#### 4) Gangguan ekonomis

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

#### b. Dampak Mn

Dampak mangan dalam air dengan jumlah ( $> 0,5$  mg/l), dapat menyebabkan noda pada pakaian, rasa logam pada air, menimbulkan bau amis serta dapat menimbulkan gangguan kesehatan, dalam jumlah yang besar dapat tertimbun di dalam hati dan ginjal. Ada berbagai pendapat tentang gangguan kesehatan akibat keracunan senyawa mangan, tetapi umumnya dalam keadaan kronis menimbulkan gangguan pada sistem saraf dan menampilkan gejala seperti penyakit parkison (Asmadi et al., 2011).

### 8. Filtrasi

Filtrasi adalah proses menghilangkan partikel-partikel atau flok-flok halus yang lolos dari sedimentasi, dimana partikel-partikel atau flok-flok tersebut akan tertahan pada media penyaring selama air melewati media tersebut. Selain itu, filtrasi juga dapat mengurangi bakteri, menghilangkan warna, rasa, bau besi dan mangan sehingga mendapatkan air bersih yang memenuhi standar air minum.

Menurut (Asmadi et al., 2011) proses yang terjadi pada filter adalah :

a. Penyaringan Mekanis

Proses ini dapat terjadi pada filter cepat atau lambat. Media yang digunakan dalam filtrasi adalah pasir dengan pori-pori kecil. Oleh karena itu, partikel dengan ukuran yang lebih besar dari pori-pori media dapat dipertahankan.

b. Pengendapan

Proses ini hanya dapat terjadi pada filter lambat. Ruang antar butir pasir berfungsi sebagai bak pengendap kecil. Partikel-partikel yang mempunyai ukuran kecil sekalipun, koloidal, dan beberapa macam bakteri akan mengendap dalam ruang antar butir dan melekat pada butir pasir efek fisika (adsorbs).

c. Biological Action

Proses ini hanya dapat terjadi pada filter saringan lambat. Suspensi-suspensi yang terdapat pada air mengandung organisme seperti alga dan plankton yang merupakan bahan makanan bagi jenis-jenis mikroorganisme tertentu.

Jenis media, kecepatan filtrasi atau cara bekerjanya dapat menentukan kemampuan filtrasi. Secara garis besar kemampuan filtrasi dibedakan sebagai berikut :

### 1) Saringan Pasir Cepat (*Rapid Sand Filter*)

Saringan pasir cepat memiliki kecepatan 40 kali lebih cepat daripada saringan pasir lambat, dapat dicuci, dan dapat digunakan koagulan kimia, sehingga efektif untuk pengolahan dengan kekeruhan tinggi. Pada saringan pasir cepat, biasanya digunakan pasir sebagai medium tetapi prosesnya berbeda dengan pasir lambat. Ukuran yang efektif untuk butiran pasir saringan pasir cepat ini berkisar antara 0,4 – 1,2 mm dan memiliki kecepatan filtrasi lebih tinggi, yaitu antara 5 – 15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam (120 – 360 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>).

Kecepatan saringan pasir cepat relatif lebih besar dari pada saringan pasir lambat, pencuciannya dengan menggunakan *back wash* atau dialirkan dari bawah ke atas dengan waktu 1 sampai 2 hari. Saringan pasir cepat dalam pengolahan air umumnya berada pada kolam dan beton terbuka dengan tipe gravitasi. Dalam pengolahan air tanah, saringan pasir cepat digunakan untuk menghilangkan besi dan mangan.

### 2) Saringan Pasir Lambat (*Slow Sand Filter*)

Saringan pasir lambat mempunyai prinsip kerja mengolah air dengan melewatkan air baku secara gravitasi melalui lapisan pasir sebagai media penyaring, sehingga saringan pasir lambat termasuk saringan gravitasi. Pasir digunakan sebagai media

penyaring karena memiliki sifat butiran lepas yang porous, bergradasi, dan uniformity (Quddus, 2014).

Sistem saringan pasir lambat adalah teknologi pengolahan air yang sederhana dan memiliki hasil akhir yang berkualitas baik. Saringan pasir lambat ini sangat cocok untuk diterapkan di daerah pedesaan karena tidak memerlukan bahan kimia (koagulan) yang kadang menjadi kendala dalam proses pengolahan air.

Saringan pasir lambat adalah saringan air yang dibuat dengan menggunakan lapisan pasir pada bagian atas dan kerikil pada bagian bawah. Dengan desain kecepatan penyaringan yang lambat daripada saringan pasir cepat, saringan pasir lambat dapat menyaring zat pengotor sampai diameter yang lebih kecil. Pencucian saringan pasir lambat dengan cara *scraping* lapisan atas dan dengan waktu 1 sampai 2 bulan. Luas permukaan saringan pasir lambat lebih besar dibandingkan dengan saringan pasir cepat (Joko, 2010).

Saringan pasir lambat hanya memiliki kemampuan menyaring yang relatif kecil yaitu  $0,1 - 0,3 \text{ m}^3/\text{jam}$  atau  $2 - 7 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$  karena ukuran butiran pasir yang halus dengan ukuran efektif  $\pm 0,2 \text{ mm}$  dan memiliki kekeruhan air baku di bawah 10 NTU agar saringan dapat berjalan dengan baik.

## 9. Media Filter

Media filter merupakan bahan yang digunakan untuk melakukan filtrasi dan bagian dari bahan yang menyebabkan efek filtrasi. Media filter adalah material pengisi tabung filter yang tersusun didalamnya, dimana media filter terpasang diantara aliran masuk (*inlet*) dan aliran keluar (*outlet*). Adapun media filter yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

### a. *Ferrolite*

*Ferrolite* adalah sesuatu jenis mineral yang tersusun. Di dalam *ferrolite* mengandung ion- ion logam, semacam logam alkali dan alkali tanah serta molekul air. *Ferrolite* dapat digunakan sebagai penghilang polutan dan dapat mengikat bakteri E.coli. *Ferrolite* juga merupakan media filter yang digunakan untuk menurunkan atau menghilangkan kandungan zat besi dan mangan yang berlebihan dalam air (Putra & Purnomo, 2013).



Gambar 1. *Ferrolite*

Sumber : <https://bit.ly/30anmfB>

Menurut (S. P. Purwoto & Sutrisno, 2016) fungsi *ferrolite* yaitu untuk menghilangkan kandungan besi tingkat tinggi (Fe), bau besi yang menyengat, Mangan ( $Mn^{++}$ ), warna kuning di air tanah, air PDAM ataupun air gunung.

Kandungan besi yang bisa diatasi oleh *ferrolite* adalah maksimal 20 ppm atau kurang sedangkan kandungan  $KMnO_4$  (mangan) adalah 15 ppm dan pH nya  $> 6,5$ . Jika kondisi diatas tidak sesuai, dapat dilakukan pre-treatment dengan cara oksidasi agar kadar besi di bawah 20 ppm, pengaturan pH agar diatas 6,5.

Bentuk butiran *ferrolite* ini memiliki keunggulan berpori sehingga mudah menyerap besi dan mangan, dan sangat stabil sebagai filter media baik secara fisik maupun kimia.

Adapun kelebihan *ferrolite* saat beroperasi sebagai berikut:

- 1) Waktu aktivasi media untuk trial pertama sangat mudah dan cepat.
- 2) Waktu cucinya juga sangat singkat dibanding media filter lainnya.
- 3) Kecuali kasus khusus, umumnya tidak perlu pre-treatment.
- 4) Kecepatan air bisa 10-30  $m^3/jam$  dimana ini merupakan 2 kali kecepatan rata-rata filter umumnya.
- 5) Koagulan tidak diperlukan dan ini membantu mengurangi biaya.
- 6) Hanya periode tertentu mesti di cuci dan tidak perlu dilakukan regenerasi dengan bahan kimia.

b. Kerikil

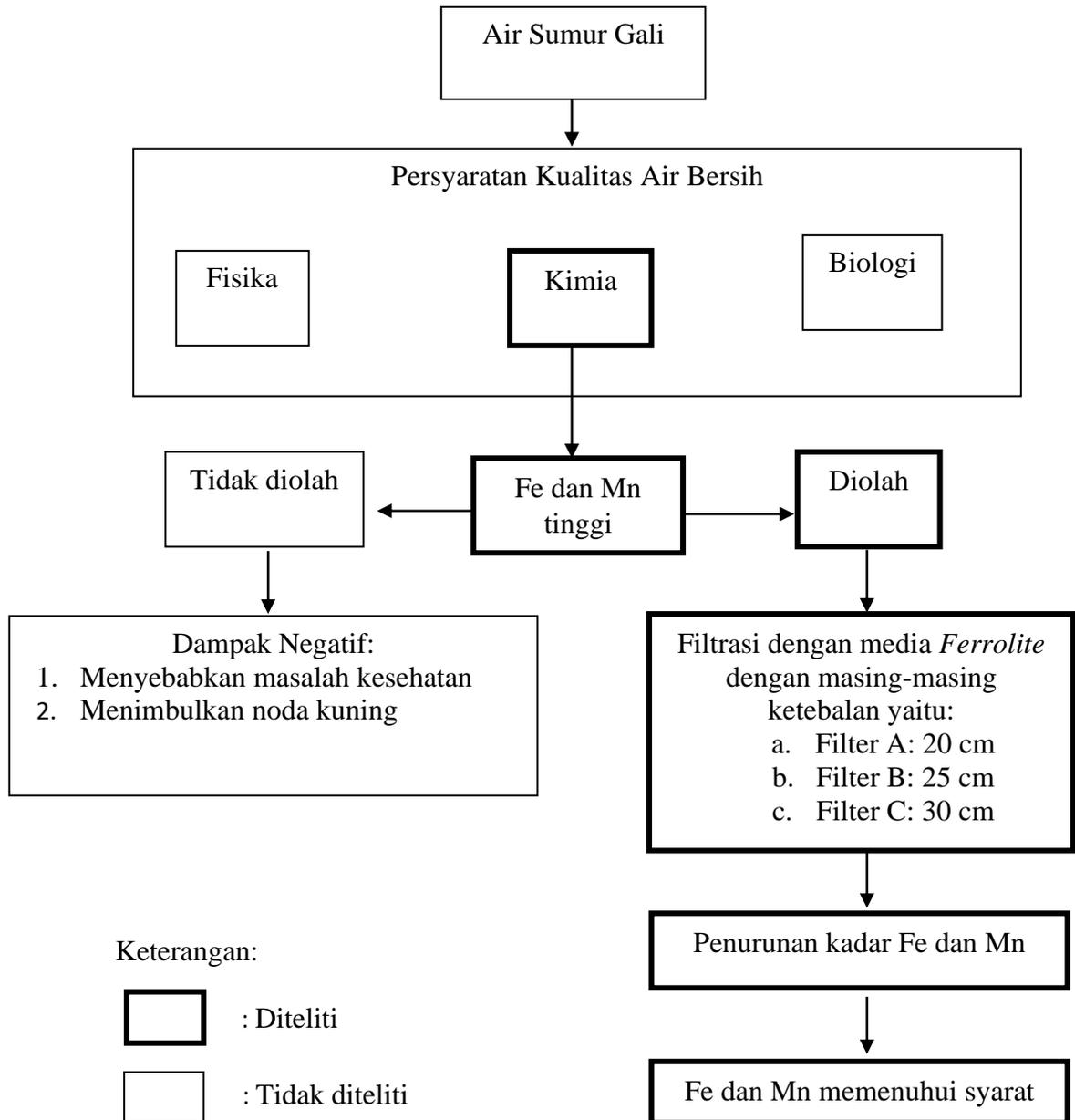


Gambar 2. Kerikil

Sumber : <https://binged.it/3EzqyQN>

Kerikil berfungsi sebagai media penyangga dalam proses filtrasi yang berfungsi untuk menahan pasir dan untuk meratakan aliran air menuju media filter. Kerikil mempunyai bentuk yang tidak beraturan, tetapi ukurannya dapat disamakan dengan proses pengayakan. Diameter kerikil yang biasa digunakan antara 1 – 2,5 cm. Kerikil yang akan digunakan harus dalam keadaan bersih, keras, dan tahan lama (Joko, 2010).

## B. Kerangka Konsep



Gambar 3. Kerangka Konsep

### C. Hipotesis

#### 1. Hipotesis Mayor

Ada pengaruh variasi ketebalan media filtrasi *ferrolite* terhadap penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air bersih.

#### 2. Hipotesis Minor

- a. Ada pengaruh kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) air bersih sebelum dan sesudah penyaringan menggunakan media *ferrolite* dengan variasi ketebalan Filter A 20 cm, Filter B 25 cm, dan Filter C 30 cm.
- b. Ada variasi ketebalan media filtrasi *ferrolite* yang paling baik untuk menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air bersih.