

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Dasar Teori

1. Pengertian Air

Air merupakan salah satu kebutuhan vital bagi kehidupan. Air bersih yang banyak digunakan di Indonesia berasal dari air tanah. Sumber air minum rumah tangga di Indonesia menggunakan air kemasan, air isi ulang, air ledeng dari PDAM maupun membeli eceran, sumur bor, sumur gali terlindung, mata air, penampungan air hujan, dan air sungai atau irigasi. Hasil data dari Riset Kesehatan Dasar tahun 2018 jenis sumber air bersih untuk seluruh kebutuhan rumah tangga dan air minum di Indonesia pada umumnya adalah sumur gali terlindung (29,9%), sumur pompa (24,1%), PDAM (19,7%), dan mata air (27%). Di perkotaan, lebih banyak rumah tangga yang menggunakan air dari sumur bor atau pompa (32,9%) dan air ledeng atau PDAM (28,6%), sedangkan di pedesaan lebih banyak yang menggunakan sumur gali terlindung (32,7%) (Kemenkes RI, 2019).

2. Karakteristik Air

Air menutupi sekitar 70% permukaan bumi, dengan jumlah sekitar 1,368 juta km³. Air terdapat dalam berbagai bentuk, misalnya uap air, es, cairan dan salju. Air tawar terutama terdapat di sungai, danau, air tanah (*ground water*), dan gunung es (*glacier*). Semua badan air di dataran dihubungkan dengan laut dan atmosfer melalui siklus hidrologi yang berlangsung secara kontinu (Sumantri, 2013).

Menurut Sumantri (2013), air memiliki karakteristik yang khas dan tidak dimiliki oleh senyawa kimia yang lain. Karakteristik ini sebagai berikut :

- a. Pada kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yakni 0°C (32°F) - 100°C , air berwujud cair. Suhu 0°C merupakan titik beku (*freezing point*) dan suhu 100°C merupakan titik didih (*boiling point*) air. Tanpa sifat ini, air yang terdapat di dalam jaringan tubuh makhluk hidup maupun air yang terdapat di laut, sungai, danau, dan badan air yang lain akan berada dalam bentuk gas atau padatan, sehingga tidak akan terdapat kehidupan di muka bumi ini, karena sekitar 60%-90% bagian sel makhluk hidup adalah air.
- b. Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpanan panas yang sangat baik. Sifat ini memungkinkan air tidak menjadi panas ataupun dingin dalam seketika. Perubahan suhu air yang lambat mencegah terjadinya stres pada makhluk hidup karena adanya perubahan suhu yang mendadak dan memelihara suhu bumi agar sesuai bagi makhluk hidup. Sifat ini juga menyebabkan air sangat baik digunakan sebagai pendingin mesin.
- c. Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan. Penguapan (evaporasi) adalah proses perubahan air menjadi uap air. Proses ini memerlukan energi panas dalam jumlah yang besar. Sebaliknya, proses perubahan uap air menjadi cairan (kondensasi)

melepaskan energi panas yang besar. Pelepasan energi ini merupakan salah satu penyebab mengapa kita merasa sejuk pada saat berkeringat. Sifat ini juga merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan terjadinya penyebaran panas secara baik di bumi.

- d. Air merupakan pelarut yang baik. Air mampu melarutkan berbagai jenis senyawa kimia. Air hujan mengandung senyawa kimia dalam jumlah yang sangat sedikit, sedangkan air laut dapat mengandung senyawa hingga 35.000 mg/L. Sifat ini memungkinkan unsur hara (nutrien) terlarut diangkut ke seluruh jaringan tubuh makhluk hidup dan memungkinkan bahan-bahan toksik yang masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup dilarutkan untuk dikeluarkan kembali. Sifat ini juga memungkinkan air digunakan sebagai pencuci yang baik dan pengencer bahan pencemar (polutan) yang masuk ke badan air.
- e. Air memiliki tegangan permukaan yang tinggi. Suatu cairan dikatakan memiliki tegangan permukaan yang tinggi jika tekanan antarmolekul cairan tersebut tinggi. Tegangan permukaan yang tinggi menyebabkan air memiliki sifat membasahi suatu badan secara baik (*higher wetting ability*). Tegangan permukaan yang tinggi juga memungkinkan terjadinya sistem kapiler, yaitu kemampuan untuk bergerak dalam pipa kapiler (pipa dengan lubang yang kecil). Dengan adanya sistem kapiler dan sifat sebagai

pelarut yang baik, air dapat membawa nutrient dari dalam tanah ke jaringan tumbuhan (akar, batang dan daun). Adanya tegangan permukaan memungkinkan beberapa organisme, misalnya jenis-jenis insekta, dapat menyerap di permukaan air.

- f. Air merupakan satu-satunya senyawa yang merenggang ketika membeku. Pada saat membeku, air meregang sehingga es memiliki nilai densitas (massa/volume) yang lebih rendah daripada air. Dengan demikian, es akan mengapung di air. Sifat ini mengakibatkan danau-danau di daerah yang beriklim dingin hanya membeku pada bagian permukaan (bagian di bawah permukaan masih berupa cairan) sehingga kehidupan organisme akuatik tetap berlangsung. Sifat ini juga dapat mengakibatkan pecahnya pipa air pada saat air di dalam pipa membeku. Densitas (berat jenis) air maksimum sebesar 1 gram/cm^3 terjadi pada suhu $3,95^\circ\text{C}$. Pada suhu lebih besar maupun lebih kecil dari $3,95^\circ\text{C}$, densitas air lebih kecil dari satu.

3. Sumur Gali

Sumur gali banyak digunakan sebagian besar dari warga Indonesia untuk mendapatkan air bersih yang sederhana dan dapat memenuhi kebutuhan air bersih setiap harinya. Sumur merupakan sumber utama persediaan air bersih bagi penduduk pedesaan maupun perkotaan. Menurut Joko (2010), bentuk dan tipe sumur gali yaitu :

a. Bentuk sumur gali

Bentuk sumur gali dalam spesifikasi ini sesuai dengan penampang lubangnya, yaitu bulat.

1) Tipe sumur gali ada 2 macam yaitu :

a) Tipe 1 : Dipilih apabila keadaan tanah tidak menunjukkan gejala atau runtuh. Dinding atas terbuat dari pasangan bata atau batako atau batu belah dengan tinggi 80 cm dari permukaan lantai. Dinding bawah yang sama atau pipa beton kedalam minimal 300 cm dari permukaan lantai.

b) Tipe 2 : Dipilih apabila keadaan tanah menunjukkan gejala mudah retak dan runtuh. Dinding atas terbuat dari pasangan bata atau batako atau batu belah setinggi 60 cm dari permukaan lantai. Dinding bawah sampai kedalam sumur dari pipa beton, 18 minimal sedalam 300 cm dari permukaan lantai dari pipa beton kedap air dan sisa dari pipa beton berlubang.

4. Kesadahan

Kesadahan merupakan suatu keadaan dengan kandungan kapur yang berlebihan dalam air. Kation-kation ini dapat bereaksi dengan sabun membentuk endapan maupun dengan anion-anion yang terdapat di dalam air membentuk endapan atau karat pada peralatan logam (Astuti dkk, 2016).

Kesadahan pada prinsipnya adalah kontaminasi air dengan unsur kation seperti Na, Ca, dan Mg. Di alam kesadahan yang paling banyak dijumpai adalah air laut. Pada air tawar permukaan umumnya kandungan Ca dan Mg dalam kadar yang tinggi (>200 ppm) CaCO_3 . Sehingga air yang mengalir pada daerah batuan kapur akan mempunyai tingkat kesadahan tinggi. Kesadahan yang tinggi dan mulai berakibat pada peralatan rumah tangga apabila jumlah di atas 100 mg/L. Pada kesadahan di atas 300 mg/L dalam jangka waktu yang panjang akan berpengaruh pada manusia dengan ginjal yang lemah sehingga mengalami gangguan pada ginjal. Kesadahan ini dapat digolongkan pada kesadahan sementara dan kesadahan tetap. Kesadahan sementara akan terendap pada saat pemanasan. Kesadahan tetap akan lebih permanen di dalam air (Astuti dkk, 2016).

Kesadahan dalam air sebagian besar adalah berasal dari kontaknya dengan tanah dan pembentukan batuan. Umumnya air sadah berasal dari daerah di mana lapisan tanah atas tebal, dan adanya pembentukan kapur. Kesadahan total adalah yang disebabkan oleh adanya ion Ca dan Mg secara bersama-sama. Kesadahan dapat menyebabkan sabun pembersih menjadi tidak efektif (Astuti dkk, 2016).

Air sadah dibagi menjadi dua jenis yaitu air sadah sementara dan air sadah permanen. Berdasarkan jenis anion yang berikatan dengan kation (Ca^{2-} atau Mg^{2+}). Kesadahan sementara disebabkan oleh garam

karbonat (CO_3^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-) dari kalsium dan magnesium. Kesadahan karbonat adalah bagian dari kesadahan total yang sesuai dengan alkalinitas karena (CO_3^{2-}) dan (HCO_3^-). Kesadahan ini dapat dihilangkan dengan dipanaskan atau ditambahkan kapur. Kesadahan permanen disebabkan oleh adanya garam klorida (Cl) dan sulfat (SO_4^{2-}). Kesadahan ini, juga dikenal sebagai kesadahan non karbonat, tidak dapat dihilangkan dengan pemanasan, tetapi dapat dihilangkan dengan pertukaran ion.

5. Penentuan Kesadahan Air

Analisis kadar kesadahan total ini menggunakan metode kompleksometri, dimana metode ini sering digunakan, dan lebih mudah untuk mengetahui titik akhir titrasi. Prinsip kompleksometri yaitu pembentukan ion-ion kompleks dalam larutan. Terbentuknya kompleks adalah tingkat kelarutan tinggi, dari kompleks tersebut adalah kompleks logam dengan EDTA. Indikator EBT ditambahkan kepada suatu larutan yang mengandung suatu ion Ca dan Mg akan membentuk warna merah anggur, dimana EBT ini berfungsi sebagai mempermudah untuk mengetahui titik akhir titrasi. Tambahkan buffer pH 10 dimana buffer pH 10 ini berfungsi untuk menjaga pH agar tetap dalam suasana basa. Titrasi dengan EDTA karena EDTA berfungsi sebagai pengompleks ion Ca dan Mg akan terikat sebagai kompleks. Titik akhir titrasi yaitu bila seluruh ion Ca dan Mg sudah terikat oleh

EDTA larutan yang berwarna merah anggur berubah menjadi warna biru sebagai titik akhir titrasi (Astuti dkk., 2016)

Pada umumnya kesadahan dinyatakan dalam satuan ppm (*part per million*/satu persepjuta bagian) kalsium karbonat (CaCO_3), tingkat kekerasan (dH), atau dengan menggunakan konsentrasi molar CaCO_3 . Satu satuan Kesadahan Jerman atau dH sama dengan 10 mg CaO (kalsium oksida) per liter air. Dengan demikian satu satuan Jerman (dH) dapat diekspresikan sebagai 17,85 ppm CaCO_3 . Sedangkan 28 satuan konsentrasi molar dari 1 mili ekuivalen=2,8 dH=50 ppm (Prasetyo, A., Nur, M., Muhlisin, Z., & Putro, 2015).

6. Metode Penghilangan Kesadahan Air

Air yang mengandung kadar kesadahan yang tinggi perlu dilakukan pengolahan, agar kesadahan tidak menyebabkan dampak bagi pgunanya. Menurut Candra (2007), kesadahan air dapat dikurangi bahkan dihilangkan. Metode yang dapat digunakan untuk mengolah air sadah yaitu :

1. Pemanasan

Proses pengolahan air sadah dengan pemanasan hanya dapat dilakukan untuk air yang memiliki kesadahan sementara.

2. Pengendapan Kimia

Pengendapan kimia menjadi salah satu cara untuk proses menghilangkan kesadahan pada air. Tujuan dari pengendapan kimia ini untuk membentuk garam-garam kalsium dan magnesium

menjadi garam-garam yang tidak larut, sehingga dapat dipisahkan dengan air. Pengendapan kimia yang dilakukan untuk menghilangkan kesadahan dapat dilakukan dengan proses soda kaustik.

3. Pertukaran ion

Ion exchanger adalah proses penyerapan ion-ion oleh resin dengan cara ion-ion dalam fasa cair (biasanya dengan pelarut air) diserap lewat ikatan kimiawi karena bereaksi dengan padatan resin. Resin sendiri melepaskan ion lain sebagai ganti ion yang diserap. Selama operasi berlangsung setiap ion akan dipertukarkan dengan ion penggantinya hingga seluruh resin jenuh dengan ion yang diserap. Beberapa bahan penukar ion antara lain resin, zeolit, dan bentonit.

7. Dampak Air Sadah

Dampak yang ditimbulkan akibat air sadah menurut WHO air yang bersifat sadah akan menimbulkan dampak :

- a. Terhadap kesehatan dapat menyebabkan *Cardiovascular disease* (penyumbatan pembuluh darah jantung) dan *Urolithiasis* (batu ginjal).
- b. Menyebabkan pengerakan pada peralatan logam untuk memasak sehingga penggunaan energi menjadi boros.
- c. Penyumbatan pada pipa logam karena endapan CaCO_3 .

- d. Pemakaian sabun menjadi lebih boros karena buih yang dihasilkan sedikit.

8. Media Pengolahan

Media filter adalah bahan yang digunakan untuk filter dan merupakan bagian dari filtrasi yang menyebabkan efek filtrasi. Media filter terdiri dari material yang mengisi atau tersusun di dalam filter, dimana media filter dipasang di antara aliran masuk (*inlet*) dan aliran keluar (*outlet*) (Asmadi, Khayan, 2011). Berikut adalah macam-macam media pengolahan :

a. Saringan Pasir

Saringan pasir adalah bak saringan yang menggunakan pasir sebagai media filter yang mempunyai kandungan kuarsa yang tinggi, dapat dicuci dan dapat ditambahkan dengan koagulan kimia, sehingga efektif untuk pengolahan air dengan kekeruhan tinggi. Pada saringan pasir biasanya digunakan pasir sebagai medium dengan ukuran 0,4-1,5 mm. Proses penyaringan merupakan kombinasi antara proses fisik (filtrasi, sedimentasi dan adsorpsi), proses biokimia dan proses biologis (Badan Standardisasi Nasional, 2008).

b. Arang aktif tempurung kelapa

Karbon aktif/arang merupakan jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat menyerap kotoran dalam air.

Proses pembentukan yang terjadi pada arang atau karbon aktif mengakibatkan karbon aktif tersebut memiliki daya serap atau absorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Karbon aktif sering digunakan sebagai penyerap dan penjernih air. Karbon aktif atau arang aktif adalah arang yang dapat menyerap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, larutan maupun gas (Nisa, 2010).

Media arang tempurung kelapa sebagai karbon aktif berfungsi sebagai adsorber untuk menyerap apa saja yang dilaluinya terutama zat Mn, Fe dan Mg, sehingga air yang tercemar akan melalui pori-pori pada karbon aktif kemudian akan menghambat endapan lumpur pada air tanah. Arang tempurung kelapa sebagai karbon aktif sangat efektif menjernihkan dan menyerap bau, rasa serta racun pada air.

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).

Arang aktif adalah karbon amorf yang memiliki porositas internal tinggi, sehingga merupakan adsorben yang baik untuk adsorpsi gas, cairan, maupun larutan. Arang aktif juga diartikan sebagai arang yang telah mengalami proses aktivasi untuk meningkatkan luas permukaannya. Dengan jalan membuka pori-pori sehingga adsorpsinya meningkat. Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3.500 m²/gram dan berhubungan dengan struktur pori bagian dalam yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Penggunaan arang aktif sebagai adsorben ditentukan oleh luas permukaan, dimensi dan distribusinya yang bergantung pada bahan baku, kondisi pengarangan dan proses pengaktifan yang digunakan (Kusnaedi, 2010).

Menurut Sahraeni dkk (2019), aktivasi karbon aktif dapat dilakukan melalui 2 cara, yakni aktivasi secara kimia dan aktivasi secara fisika :

1) Aktivasi secara kimia

Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia (Sembiring, 2003). Aktivasi secara kimia biasanya menggunakan bahan-bahan pengaktif seperti garam kalsium klorida (CaCl₂), magnesium klorida (MgCl₂), seng klorida (ZnCl₂), natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat

(Na_2CO_3) dan natrium klorida (NaCl). Selain garam mineral biasanya digunakan ialah berbagai asam dan basa organik seperti asam sulfat (H_2SO_4), asam klorida (HCl), asam hipoklorit (H_3PO_4), kalium hidroksida (KOH), dan natrium hidroksida (NaOH).

2) Aktivasi secara fisika

Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2 (Sembiring, 2003). Metode aktivasi secara fisika antara lain dengan menggunakan uap air, gas karbon dioksida, oksigen, dan nitrogen. Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada arang. Aktivasi fisika dapat mengubah material yang telah dikarbonisasi dalam sebuah produk yang memiliki luas permukaan yang luar biasa dan struktur pori. Tujuan dari proses ini adalah mempertinggi volume, memperluas diameter pori yang terbentuk selama karbonisasi dan dapat menimbulkan beberapa pori yang baru. Aktivasi menggunakan gas akan mengembangkan struktur

rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya (Sugiharto, 1978).

c. Kerikil

Kerikil berfungsi sebagai media penyangga dalam proses filtrasi, agar media pasir tidak terbawa aliran hasil penyaringan, sehingga penyumbatan dapat dihindari. Diameter kerikil yang digunakan antara 1-2,5 cm.

9. Persyaratan Air Bersih

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat berupa parameter wajib dan parameter tambahan. Air 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 (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

Tabel 3. Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	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 \pm 3

5.	Rasa	tidak berasa
6.	Bau	tidak berbau

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan No 32 Tahun 2017

Tabel 4. Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Total coliform	CFU/100ml	50
2.	E. coli	CFU/100ml	0

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan No 32 Tahun 2017

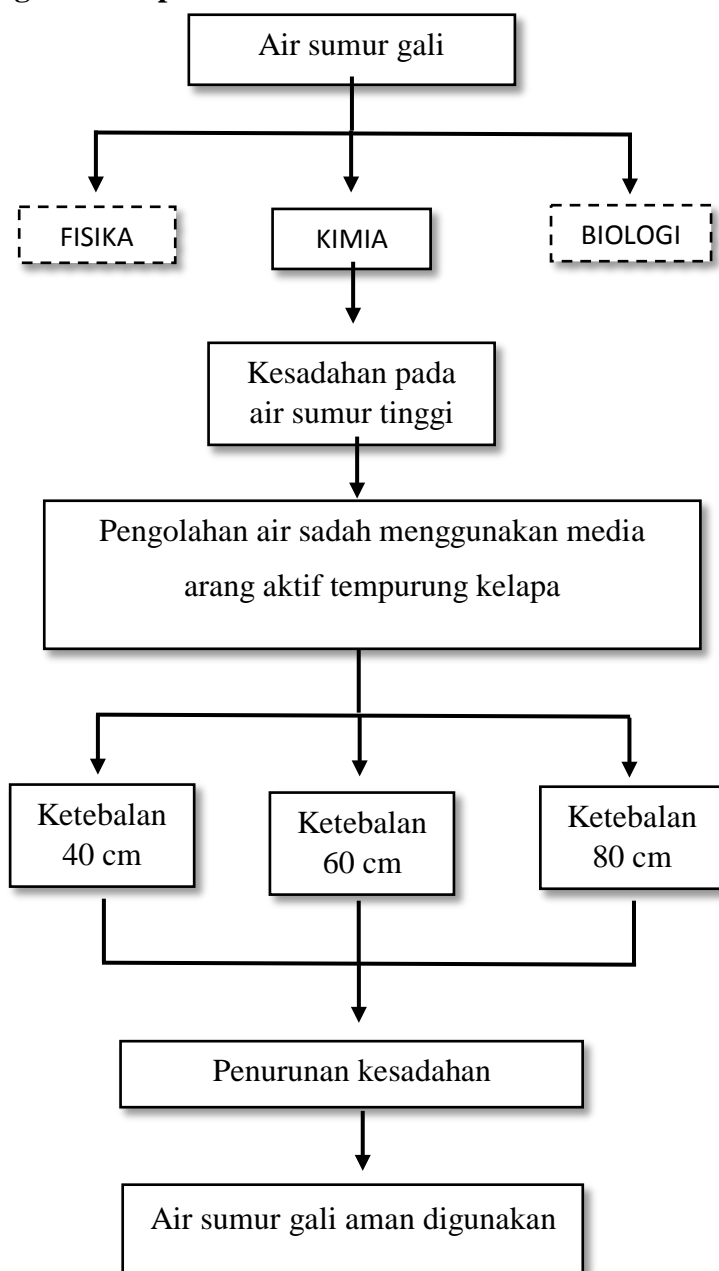
Tabel 5. Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
Wajib			
1.	Ph	mg/l	6,5 - 8,5
2.	Besi	mg/l	1
3.	Fluorida	mg/l	1,5
4.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500
5.	Mangan	mg/l	0,5
6.	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7.	Nitrit, sebagai N	mg/l	1
8.	Sianida	mg/l	0,1
9.	Deterjen	mg/l	0,05
10.	Pestisida total	mg/l	0,1
Tambahan			
1.	Air raksa	mg/l	0,001
2.	Arsen	mg/l	0,05
3.	Kadmium	mg/l	0,005
4.	Kromium (valensi 6)	mg/l	0,05

5.	Selenium	mg/l	0,01
6.	Seng	mg/l	15
7.	Sulfat	mg/l	400
8.	Timbal	mg/l	0,05
9.	Benzene	mg/l	0,01
10.	Zat organik (KMNO ₄)	mg/l	10

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan No 32 Tahun 2017

B. Kerangka Konsep



Gambar 1. Kerangka konsep

Keterangan :

————— : Diteliti

----- : Tidak Diteliti

C. Hipotesis

1. Hipotesis Mayor

Ada efektifitas ketebalan arang aktif tempurung kelapa dalam penurunan kesadahan pada air sumur gali di Dusun Gampeng RT 01, Triwidadi, Pajangan, Bantul dengan menggunakan media arang aktif tempurung kelapa melalui saringan pasir.

2. Hipotesis Minor

- a. Ada penurunan kesadahan pada air sumur gali setelah dilakukan filtrasi dengan menggunakan media arang aktif tempurung kelapa dengan ketebalan 40 cm melalui saringan pasir 90 cm.
- b. Ada penurunan kesadahan pada air sumur gali setelah dilakukan filtrasi dengan menggunakan media arang aktif tempurung kelapa dengan ketebalan 60 cm melalui saringan pasir 90 cm.
- c. Ada penurunan kesadahan pada air sumur gali setelah dilakukan filtrasi dengan menggunakan media arang aktif tempurung kelapa dengan ketebalan 80 cm melalui saringan pasir 90 cm.

- d. Ada penurunan kesadahan air sumur gali yang paling efektif setelah dilakukan filtrasi menggunakan variasi media arang aktif tempurung kelapa melalui saringan pasir 90 cm.