

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Minum

1. Pengertian dan Standar kualitas Air Minum

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum harus terjamin kualitasnya dan aman bagi kesehatan, air minum yang aman bagi kesehatan harus memenuhi persyaratan mikrobiologi, fisik, dan kimia yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan parameter persyaratan kualitas air minum yang wajib diikuti dan ditaati oleh seluruh penyelenggara air minum, sedangkan parameter tambahan dapat ditetapkan oleh pemerintah daerah sesuai dengan kondisi kualitas lingkungan daerah masing-masing dengan mengacu pada peraturan tambahan yang ditentukan oleh Permenkes RI No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan.

Persyaratan air minum yang akan dikonsumsi tidak dapat menyebabkan penyakit dengan memenuhi syarat-syarat air minum sebagai berikut :

- a. Syarat bakteriologis, persyaratan ini dilakukan dengan melakukan pemeriksaan terhadap bakteri, untuk mengetahui apakah air minum

terkontaminasi oleh bakteri patogen, yaitu dengan cara memeriksa sampel air, apabila dari pemeriksaan 100 ml air tidak terdapat *E.Coli* dan *Coliform* maka air tersebut telah memenuhi ambang batas.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan, kadar maksimum *Coliform* tinja yang diperbolehkan adalah 0 per 100 ml (Permenkes RI, 2023).

- b. Syarat Fisik, persyaratan untuk air minum yang sehat adalah:

Tabel 2. 1
Parameter Fisik yang diperbolehkan Permenkes

Parameter Fisik	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
Suhu	°C	Suhu udara ± 3
<i>Total Dissolved Solid</i> (TDS)	mg/l	<300
Kekeruhan	NTU	<3
Warna	TCU	10
Bau		Tidak berbau

Sumber: Permenkes No. 2 Tahun 2023

Air bersih atau air minum secara fisik harus jernih, tidak berbau, dan tidak berasa. Syarat lain yang harus dipenuhi adalah TDS yg tidak boleh melebihi 300 mg/l dan suhu air yang sebaiknya sama dengan suhu udara yaitu 25°C, dengan batas toleransi yang diperbolehkan yaitu 25°C - 3°C.

- c. Syarat kimia, zat kimia yang terdapat dalam air harus memiliki dosis yang tepat.

Tabel 2. 2
Parameter Kimiawi yang Diperbolehkan Permenkes

Parameter Kimiawi	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
pH	mg/L	6,5-8,5
Nitrat	mg/L	20
Nitrit	mg/L	3
Kromium	mg/L	0,01
Besi	mg/L	0,2
Mangan	mg/L	0,1
Sisa Klor	mg/L	0,2-0,5
Arsen	mg/L	0,01
Kadmium	mg/L	0,003
Timbal	mg/L	0,01
Fluoride	mg/L	1,5
Alumunium	mg/L	0,2

Sumber: : Permenkes No. 2 Tahun 2023

2. Sumber Air Minum

Air minum berasal dari berbagai sumber. Air baku tersebut diproses terlebih dahulu sebelum menjadi air minum. Menurut Desi (2018), sumber air yang digunakan sebagai air minum yaitu:

a. Air Hujan

Air hujan merupakan penyubliman awan/uap air menjadi air murni yang ketika turun dan melalui udara akan melarutkan benda-benda yang terdapat di udara (Desi, 2018). Air hujan ditampung sebelum dijadikan air minum, akan tetapi air hujan tidak mengandung kalsium, oleh karena itu, agar dapat dijadikan sebagai air minum yang sehat perlu ditambahkan kalsium di dalamnya.

b. Air Sungai dan Danau

Air sungai dan danau merupakan air permukaan karena menurut asalnya air ini berasal dari air hujan yang mengalir di

permukaan bumi. Umumnya air ini mengalami pengotor/pencemar selama pengalirannya misalnya oleh buangan industri, lumpur, sampah dan sebagainya. Beberapa pengotor ini mempunyai kandungan yang berbeda-beda, tergantung pada daerah pengaliran air permukaan (Desi, 2018).

c. Mata Air

Mata air merupakan air yang keluar dari tanah secara alamiah. Pada umumnya, air yang berasal dari mata air ini belum tercemar oleh kotoran, dan mata air memiliki kekeruhan lebih rendah dari air sungai, karena pada dasarnya mata air adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah yang melalui proses filtrasi dan adsorpsi oleh batuan dan mineral di dalam tanah.

Air mata air sebelum didistribusikan ke pelanggan hendaknya perlu melalui proses pengolahan terlebih dahulu agar dapat meningkatkan kualitas air untuk digunakan sebagai air bersih dan air minum secara layak.

d. Air Sumur Dangkal

Air yang keluar dari dalam tanah, biasa disebut dengan air tanah. Air berasal dari lapisan di dalam tanah yang dangkal. Dalamnya lapisan air ini dari permukaan tanah dari tempat yang satu ke tempat yang lain berbeda-beda. Biasanya berkisar antara 5-15 meter dari permukaan tanah. Air sumur pompa dangkal ini belum begitu sehat karena kontaminasi kotoran dari permukaan

tanah masih ada. Air sumur dangkal ini perlu direbus terlebih dahulu sebelum dijadikan air minum.

e. Air Sumur Dalam

Air ini berasal dari lapisan air kedua di dalam tanah. Dalamnya dari permukaan tanah biasanya 15 meter. Air sumur dengan kedalaman seperti ini sebagian besar sudah cukup sehat untuk dijadikan air minum secara langsung (tanpa melalui proses pengolahan).

3. Pengaruh Air Terhadap Kesehatan

Air di dalam tubuh manusia, berkisar antara 50 - 70% dari seluruh berat badan. Air terdapat di seluruh badan, di tulang terdapat air sebanyak 22% berat tulang, di darah dan ginjal sebanyak 83%. Kehilangan air untuk 15% dari berat badan dapat mengakibatkan kematian. Keperluan air minum pada orang dewasa minimum 1,5 – 2 liter air sehari. Kekurangan air ini menyebabkan banyaknya didapat penyakit batu ginjal dan kandung kemih di daerah tropis seperti Indonesia, karena terjadinya kristalisasi unsur-unsur yang ada di dalam cairan tubuh.

Air minum juga dapat menyebabkan *waterborne diseases* jika air yang dikonsumsi tersebut tercemar oleh bakteri penyebab penyakit maka dapat menyebabkan penyakit infeksi bila terminum oleh manusia atau hewan. Hal ini karena air tersebut mengandung kuman pathogen. Penyakit yang disebabkan oleh pathogen penyebab

penyakit berada dalam air yang telah tercemar adalah kolera, tifoid, hepatitis A, poliomyelitis dan diare.

B. Pengolahan Air Minum

1. Pengertian Pengolahan Air Minum

Pengolahan air minum merupakan suatu proses pengolahan air baku dengan tujuan meningkatkan nilai tambah dengan cara mengurangi berbagai kontaminan yang ada untuk memenuhi syarat tertentu. Pengelola air minum berkewajiban mengelola air agar menghasilkan baku mutu air yang layak untuk diminum, agar tidak mengandung senyawa kimia dan mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit atau gangguan terhadap kesehatan (Situmorang, 2017).

2. Pengolahan Air Minum

Menurut Desi (2018), proses pengolahan air pada prinsipnya dikenal dengan dua cara yaitu:

a. Pengolahan lengkap (*Complete Treatment Process*), yaitu air akan mengalami proses pengolahan secara lengkap, baik secara fisik, kimia dan bakteriologi. Proses pengolahan lengkap ini dilakukan terhadap air sungai yang kotor dan keruh. Pada hakekatnya, pengolahan lengkap dibagi menjadi tiga tingkatan yaitu:

1) Pengolahan fisik, yaitu suatu tingkatan pengolahan yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan kotoran-kotoran yang kasar, penyisihan lumpur dan pasir, serta

mengurangi kadar zat-zat organik yang ada dalam air yang akan diolah.

2) Pengolahan kimia, yaitu suatu tingkat pengolahan dengan menggunakan zat-zat kimia untuk membantu proses pengolahan selanjutnya. Misalnya, dengan pembubuhan kapur dan proses pelunakan.

3) Pengolahan bakteriologi, yaitu suatu tingkat pengolahan untuk membunuh atau memusnahkan bakteri-bakteri yang terkandung dalam air minum. misalnya dengan pembubuhan kaporit (desinfektan).

b. Pengolahan sebagian (*Partial Treatment Process*), pengolahan air sebagian merupakan proses pengolahan air yang hanya sebagian saja. Misalnya pengolahan kimiawi dan atau pengolahan bakteriologi saja. Pengolahan ini biasanya dilakukan untuk mata air bersih dan air sumur dangkal atau air tanah dalam.

C. Pengolahan Air Minum Perumda Air Minum Tirta Sukapura

Mata air Cipondok dan Cikawali merupakan sumber air Perumda Air Minum Tirta Sukapura yang mendistribusikan air ke konsumen terbanyak dan dengan jarak distribusi terjauh yaitu 23 km. Jenis pengolahan air yang dilakukan pada sumber mata air ini yaitu pengolahan sederhana karena memiliki kontaminan yang lebih rendah dibanding dengan sumber air permukaan, sehingga hanya melewati pengolahan fisika dan kimia saja.

Pengolahan sebagian yang dilakukan Perumda Air Minum Tirta Sukapura melewati proses aerasi, filtrasi dan desinfeksi.

1. Aerasi

Air yang bersumber dari mata air Cikawali dengan ketinggian 622 mdpl dan Cipondok dengan ketinggian 615 mdpl yang mengalir melalui sistem gravitasi ke bangunan aerator yang terletak di ketinggian 535 mdpl.

Proses aerasi pada Perumda Air Minum Tirta Sukapura menggunakan sistem *tray aerator* yang merupakan bangunan aerator dengan variasi jumlah tingkat sebanyak 4 tingkat (*tray*). Setiap tingkat pada bangunan ini diberi celah agar terjadi kontak antara udara dengan air, hal ini berfungsi untuk meningkatkan konsentrasi oksigen di dalam air.

Apabila kecepatan oksidasi pada air tinggi, maka konsentrasi oksigen terlarut menjadi lebih tinggi dan menyebabkan kandungan CO₂ dalam air akan semakin berkurang, sehingga pH terukurnya pun akan semakin tinggi dan akan memperpanjang debit udara. Dengan memperpanjang debit udara, durasi aerasi pun akan semakin lama. Hal tersebut akan menurunkan konsentrasi mangan dalam air (Batara, 2017).

Proses aerasi juga bertujuan untuk menghilangkan senyawa kimia dalam bentuk gas terlarut yang mudah menguap seperti gas *hydrogen sulfide*, gas karbon dioksida, gas metana dan gas-gas lain berbau yang

berasal dari penguraian bakteri. Proses aerasi bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi oksigen yang berguna dalam mengoksidasi senyawa pengoksidasi menjadi senyawa teroksidasi, misalnya ion Fe^{2+} akan dioksidasi menjadi ion Fe^{3+} agar lebih stabil dan lebih mudah dihilangkan pada tahapan berikutnya.

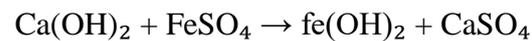
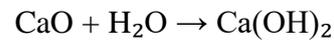
2. Filtrasi

Proses filtrasi atau penyaringan pada pengolahan air minum ini dilakukan dengan menggunakan marmer filter. Marmer filter merupakan suatu filter dengan media butiran batu marmer (CaCO_3 , CaO).

Penggunaan batu marmer (CaCO_3 , CaO) sebagai media filter ini dapat menurunkan kadar Fe dan Mn dalam air melalui proses pertukaran ion yang terjadi pada permukaan media marmer sehingga Fe dan Mn terlarut yang bereaksi dengan permukaan batu marmer akan berubah menjadi bentuk endapan.

Apabila suatu molekul bermuatan menyentuh suatu permukaan yang memiliki muatan berlawanan maka molekul tersebut akan terikat secara kimiawi pada permukaan tersebut. Pada kondisi tertentu molekul-molekul ini dapat ditukar posisinya dengan molekul lain yang berbeda dalam air yang memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk diikat. Dengan demikian proses pertukaran dapat terjadi. Pada permukaan batu marmer terjadi perubahan dari ion Fe dan Mn terlarut

menjadi endapan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dan $\text{Mn}(\text{OH})_2$ yang menempel dari media batu marmer ($\text{CaCO}_3, \text{CaO}$), dengan reaksi sebagai berikut:



Pada permukaan batu marmer terdapat kandungan kapur (CaO). Kapur merupakan suatu basa yang dapat menyebabkan kenaikan pH pada suatu larutan. Apabila pH suatu larutan semakin bertambah besar, menandakan bahwa suatu konsentrasi CO_2 terlarut dalam air semakin berkurang.

3. Desinfeksi

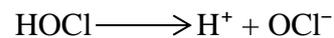
Air hasil pengolahan akan ditampung di reservoir Gunung Tajur dan dilakukan proses desinfeksi dengan menambahkan klorin pada air yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme penyebab penyakit (patogen), baik dari instalasi pengolahan atau yang masuk melalui jaringan distribusi. Mikroorganisme- mikroorganisme tersebut dapat berupa virus (penyebab poliomyelitis), bakteri (penyebab kolera, disentri, demam tifoid, dan sebagainya), dan mikroorganisme lain.

Perumda Air Minum Tirta Sukapura menggunakan jenis desinfektan *Sodium Hypochlorite* dengan konsentrasi 12% pada air pengolahannya sebanyak 240 liter perhari yang diberikan pada pagi hari saja.

Sodium hypochlorite (NaOCl) tidak ekonomis bila dibandingkan dengan gas klor, karena dengan kadar klor tersedia yang rendah maka

bahan yang dibutuhkan dalam pembubuhan akan jauh lebih banyak. Senyawa ini banyak digunakan untuk instalasi kecil.

Sodium hypochlorite dalam air akan terhidrolisis menurut reaksi sebagai berikut:



Dapat dijelaskan bahwa *sodium hypochlorite* dengan air akan menjadi natrium hidroksida dan asam hypochlorit dengan kondisi kesetimbangan reaksi menjadi ion H dan OCl.

Dalam larutan kaporit terdapat HOCl yang akan mengeluarkan atom-atom oksigen. Semakin banyak HOCl yang terbentuk, makin banyak pula atom oksigen yang lepas, hal ini berarti daya desinfektan akan semakin besar. Atom oksigen inilah yang aktif dalam membunuh bakteri-bakteri, karena bakteri dioksidasi oleh atom oksigen.

HOCl adalah spesies aktif dalam tindakan pembasmi kuman, sedangkan konsentrasi OCl^- merupakan faktor kunci yang menentukan efisiensi pembersihan. Hal ini menunjukkan bahwa pada pH optimal dari aktivitas pembasmi kuman *sodium hypochlorite* berbeda dari aktivitas pembersihnya. Beberapa bagian klor akan tersisa dari reaksi tersebut disebut sisa klor (Asmadi, 2011).

Proses pembubuhan desinfeksi ini dilakukan hanya sekali yaitu di reservoir Gunung Tajur saja, dan tidak terdapat reservoir antara atau penginjeksian klor lagi di tengah distribusi airnya.

D. Sisa Klor dan Jarak Distribusi

1. Sisa Klor

Senyawa klor dalam air akan bereaksi dengan senyawa organik maupun anorganik tertentu membentuk senyawa baru. Beberapa bagian klor akan tersisa yang disebut sisa klor (Asmadi, 2011). Sisa klor merupakan residu klorin yang digunakan dalam pengolahan air, yaitu proses desinfeksi untuk menghilangkan mikroorganisme yang terdapat di air menggunakan bahan kimia berupa klorin.

Pada mulanya sisa klor merupakan klor terikat, selanjutnya jika dosis klor ditambah maka sisa klor terikat akan semakin besar, dan suatu ketika akan tercapai kondisi "*Break Point Chlorination*". Penambahan sisa klor setelah titik ini akan memberi sisa klor yang sebanding dengan penambahan klor.

Keuntungan dicapainya *break point* yaitu: Asmadi (2011)

- a. Senyawa amonium teroksidasi sempurna
- b. Mematikan bakteri patogen secara sempurna
- c. Mencegah pertumbuhan lumut

Sisa klor yang tepat merupakan salah satu aspek penting untuk menjamin air mencapai konsumen dengan kualitas yang baik (Damayanti, 2020). Menurut Permenkes No. 736 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum, menyatakan bahwa sisa klor yang terdapat dalam jaringan perpipaan distribusi air yang diperbolehkan dalam reservoir agar memenuhi syarat kesehatan

sebagai air yang layak diminum maksimal 1 mg/l dan sisa klor pada titik jarak terjauh minimal 0,2 mg/l. Akan tetapi pada Permenkes terbaru No. 2 Tahun 2023 kadar baku mutu sisa klor diperketat menjadi 0,2 mg/l – 0,5 mg/l (Permenkes, 2023).

Sisa klor di bawah batas yang ditetapkan dapat menyebabkan kehadiran bakteri *Coliform* dan mengakibatkan *waterborne disease*, namun apabila dosis melebihi batas yang ditetapkan dapat mengganggu kesehatan. *Trihalomethane* (THM) adalah unsur terbesar yang terkandung dalam produk sisa klorinasi dan bersifat karsinogenik (Damayanti, 2020).

2. Jarak Distribusi

Jarak distribusi merupakan jauhnya jarak yang ditempuh oleh air hasil pengolahan Perumda Air Minum dari Reservoir menuju ke lokasi pendistribusian yaitu rumah- rumah konsumen (Desi, 2018). Reservoir Gunung Tajur terletak di daerah yang cukup tinggi sehingga dalam pendistribusian air ke konsumen menggunakan gaya gravitasi untuk menghemat penggunaan pompa air.

Jauhnya jarak distribusi ke konsumen akan berpengaruh terhadap kadar sisa klor dalam air karena sepanjang jarak pendistribusian akan terjadi beberapa reaksi pada klor tersebut. Menurut Asmadi (2011), faktor yang berpengaruh terhadap sisa klor sepanjang pendistribusian air yaitu keadaan mikroorganisme, jenis dan konsentrasi desinfektan,

waktu kontak dan faktor lingkungan termasuk diantaranya suhu, pH, dan kualitas air.

a. Keadaan Mikroorganisme

Faktor- faktor yang mempengaruhi keadaan mikroorganisme, antara lain:

1) Jenis Mikroorganisme

Jenis mikroorganisme dapat meliputi bakteri, virus, atau parasit yang mempunyai kepekaan tertentu terhadap desinfektan yang berlainan.

Bakteri *Coliform* merupakan parameter mikrobiologis terpenting bagi kualitas air minum. *Coliform* adalah semua bakteri aerob dan fakultatif anaerob, gram negatif, tidak membentuk spora dan berbentuk batang yang dapat memfermentasi laktosa dengan pembentukan pada suhu 35°C dalam waktu 48 jam (Widiastuti, 2017).

Hasil dari reaksi klor berupa *sodium hypochlorite* menghasilkan natrium hidroksida (NaOH) dan asam hypochlorit (HOCl). Daya bunuh HOCl terhadap golongan *coliform* kurang lebih 80-100 kali lebih kuat daripada OCl, keaktifannya tergantung pH dan suhu.

HOCl inilah yang bisa membunuh bakteri bakteri jika bereaksi dengan enzim dibawah sel. Enzim mempunyai peranan penting dalam metabolisme sel, jika enzim rusak

maka metabolisme tidak aktif sehingga sel akan mati. Ketika klor bereaksi dengan mikroorganisme maka akan menghilangkan elektron dari kulit terluar atom organisme hidup, mengganggu kestabilan struktur hingga organisme tersebut mati (Gunawan, 2020).

2) Jumlah Mikroorganisme

Jumlah mikroorganisme yang besar di dalam air, terutama mikroba patogen akan membutuhkan kadar klor yang semakin besar. Semakin jauh jarak distribusi air maka risiko kehadiran mikroorganisme yang ada di dalam air semakin banyak, sehingga sisa klor dalam air akan semakin menurun karena banyak bereaksi dengan mikroorganisme tersebut.

3) Penyebaran Mikroorganisme

Mikroorganisme yang menyebar, akan mudah ditembus oleh desinfektan. Sebaliknya kumpulan bakteri akan lebih sulit ditembus oleh desinfektan. Bakteri cenderung membentuk “clam” dengan *suspended solids* yang ada dalam air yang keruh harus dicurigai sebagai air yang mempunyai bakteri patogen lebih banyak.

b. Jenis dan Konsentrasi Desinfektan

Setiap desinfektan mempunyai keunggulan dan kelemahannya masing-masing, baik dari segi teknis (pelarutan dan pembubuhan) mau pun non teknis (harga).

Jenis desinfektan yang digunakan dalam pengolahan air minum di Perumda Air Minum Tirta Sukapura yaitu jenis *sodium hypochlorite* atau natrium hipoklorit (NaOCl) dengan konsentrasi 12%. *Sodium hypochlorite* diperoleh dalam bentuk cair. Cairan ini berwarna bening agak kekuningan dengan bau khas.

Menurut Ali (2010), kadar klor yang ditambahkan pada reservoir akan berkurang karena klor dengan jenis *sodium hypochlorite* memiliki sifat:

- 1) *Sodium hypochlorite* akan mengalami degradasi selama penyimpanan sehingga pengontrolan larutan harus dilakukan. *Sodium hypochlorite* membutuhkan tempat penyimpanan dengan temperatur dibawah 85°C .
- 2) Klorin memiliki sifat menguap dengan kecepatan 0,75 gram klor aktif per hari dari larutan.
- 3) *Sodium hypochlorite* akan hancur ketika dipanaskan atau jika bersentuhan dengan asam, sinar matahari, logam tertentu, dan gas beracun dan korosif, termasuk gas klor. Pada kondisi asam senyawa ini dapat melepas klor ke udara.
- 4) Merupakan oksidan kuat. Reaksi oksidasi bersifat korosif, dan larutan membakar kulit. Selain itu klorinasi air minum dengan *sodium hypochlorite* dapat mengoksidasi kontaminan organik.

Setelah reaksi tersebut selesai, klorin secara perlahan akan lepas ke udara sebagai gas. Oleh karena itu, kadar klorin bebas

dan total perlahan menurun seiring bertambahnya waktu dan jarak distribusi air menuju ke konsumen (Damayanti, 2020).

c. Waktu Kontak

Desinfektan agar dapat berfungsi dengan optimal harus mempunyai waktu kontak yang cukup dengan air yang diproses. Waktu kontak ditentukan sebagai waktu yang tersedia untuk interaksi antara klor dengan bahan-bahan pereduksi klor dalam air. Waktu kontak air dengan desinfektan yang dibubuhkan, jika digunakan klor atau senyawa klor waktu kontak di antara 30–60 menit, sebelum air digunakan, dengan mempertahankan sisa klor paling sedikit 0,3-0,5 mg/ l Cl_2 setelah waktu kontak tersebut. Sisa klor akan menurun seiring bertambahnya waktu kontak nya dengan air yang mengandung mikroorganisme dan kontaminan lain.

d. Faktor Lingkungan

Faktor- faktor yang dapat mempengaruhi sisa klor antara lain:

1) pH

pH merupakan parameter penting dalam desinfeksi, karena besar pengaruhnya terhadap efektivitas klor pada air. Dari reaksi *sodium hypochlorite* yang dilakukan ketika pembubuhan desinfektan maka akan terbentuk asam hipoklorit (HOCl), HOCl akan membentuk ion hipoklorit. Ketika banyak HOCl

yang terbentuk, maka semakin banyak pula atom zat asam yang lepas, hal ini menyebabkan pH semakin naik.

Pada $\text{pH} > 8$, HOCl tetap tidak terionisasi sedang pada $\text{pH} < 7$, HOCl akan terionisasi menjadi OCl yang bersifat oksidator. Naiknya nilai pH keberadaan HOCl akan menurun sedangkan konsentrasi OCl^- semakin meningkat. Jika pH air terlalu basa atau lebih dari 8,5 maka sebanyak 90% dari sisa chlor bebas dalam air akan mengalami ionisasi yang dapat mengakibatkan kinerja chlor menjadi lemah dan konsentrasinya berkurang (Ginanjawati, 2018).

2) Suhu

Semakin tinggi suhu air peluruhan klor semakin besar. Jika suhu air semakin tinggi maka akan mempengaruhi keberadaan *sodium hypochlorite*, efisiensi *sodium hypochlorite* menurun seiring pertambahan suhu air. Oleh karena itu semakin tinggi suhu air maka kemampuan desinfektan pada air akan semakin menurun (Desi, 2018).

3) Kualitas Air

Kualitas air baku yang mengandung banyak zat organik dan unsur lainnya akan mempengaruhi besarnya kebutuhan klorin sehingga dibutuhkan konsentrasi klor yang cukup tinggi. Jika kekeruhan pada air relatif tinggi dapat menghambat proses kerja klorin (Desi, 2018).

e. Kondisi Pipa

Pipe wall reaction merupakan koefisien pengurangan konsentrasi sisa klor akibat reaksi dengan dinding pipa. Terjadinya reaksi dengan dinding pipa dapat disebabkan karena adanya lapisan biologis/ biofilm atau karena terjadinya korosi pada pipa. Jenis pipa yang digunakan dalam jaringan distribusi air Perumda Air Minum Tirta Sukapura adalah pipa GI (*Galvanis Iron*), HDPE dan PVC (*Polyvinyl Chloride*). Pipa GI terbuat dari besi sehingga jika sisa klor dalam air terlalu tinggi dalam jaringan pipa maka akan menyebabkan terjadinya korosi pada pipa (Muniroh, 2018). Sedangkan pipa HDPE dan PVC terbuat dari bahan plastik, meskipun harganya relatif lebih murah, tetapi jenis pipa ini mudah pecah apabila ada tekanan air yang mengalir cukup besar atau mendapat tekanan dari luar yang cukup berat. Akibatnya pipa mengalami kebocoran.

Dalam perjalanan air menuju distribusi sering mengalami kendala seperti kebocoran pipa khususnya pada pipa HDPE dan PVC yang dapat mengakibatkan pencemaran pada air karena masuknya mikroorganisme atau zat organik lainnya. Air yang mengandung zat organik dan unsur lainnya, akan mempengaruhi besarnya *chlorine demand* sehingga diperlukan konsentrasi klorin yang makin tinggi. Sehingga semakin jauh jarak tempuh air risiko pencemaran air juga akan semakin meningkat (Desi, 2018)

Mengetahui jika terjadi kebocoran yang tidak tepat misalnya air rembesan dari keretakan pipa, dapat diatasi dengan alat pendeteksi kebocoran yang disebut Leak detector. Sedangkan upaya untuk mengurangi terjadinya kehilangan air yang lebih besar dalam perencanaan sistem distribusi air dilakukan pembagian wilayah atau zoning untuk memudahkan pengontrolan kebocoran pipa, serta pemasangan meteran air.

Dari pernyataan di atas dapat disimpulkan bahwa kadar sisa klor bebas akan mengalami penurunan selama perjalanan distribusi air dari reservoir menuju rumah pelanggan. Hal tersebut diakibatkan oleh adanya kontak klor aktif bereaksi selama perjalanan, baik kontak dengan mikroorganisme penyebab kontaminasi air maupun kontak klor dengan zat pencemar lain pada jaringan perpipaan yang kurang efisien akibat terjadinya kebocoran pipa dalam tanah. Jarak distribusi yang ditempuh air minum dalam jaringan perpipaan dari reservoir ke konsumen yang semakin jauh maka kadar sisa klor akan semakin berkurang (Gunawan, 2020).

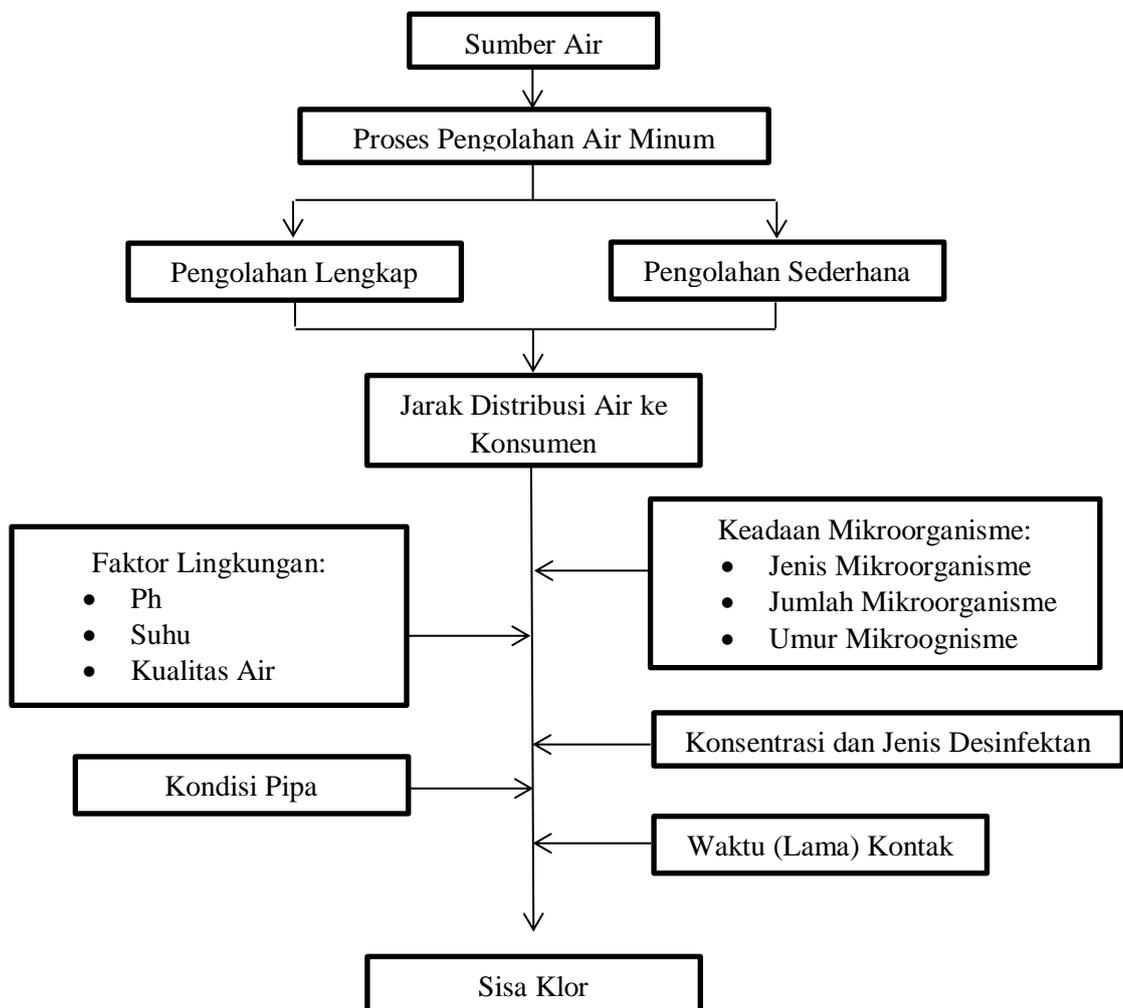
Berkurangnya kadar sisa klor dalam air akan menyebabkan kemampuan klor untuk membunuh mikroorganisme akan ikut berkurang sehingga dapat menyebabkan *waterborne diseases* bagi orang yang mengonsumsi air tersebut.

Perumda Air Minum sebagai penyedia air bersih juga harus ikut memperhatikan kadar sisa klor pada air konsumen agar sisa klor tidak

habis sebelum mencapai konsumen terjauh dari reservoir. Kadar sisa klor yang diperbolehkan menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023 yaitu berkisar antara 0,5 mg/l hingga 0,2 mg/l di jarak konsumen terjauhnya.

E. Kerangka Teori

Berdasarkan uraian di atas, maka disusun kerangka teori mengenai Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar sisa klor pada air konsumen Perumda Air Minum Tirta Sukapura.



Gambar 2. 1 Kerangka Teori

Sumber: Modifikasi teori Asmadi (2011) dan Desi (2018).