

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kualitas Air

Kualitas air merupakan tingkat baik buruknya air yang ditentukan oleh kandungan unsur-unsur yang ada di dalam air tersebut, hal ini sesuai dengan pendapat Effendi (2003) yang menyatakan bahwa kualitas air adalah sifat air, zat, energi dan makhluk hidup yang ada di dalam air. Kualitas air juga merupakan suatu kondisi kesesuaian air dengan keperluan pengguna baik untuk minum, mencuci dan keperluan lainnya (Arsyad, 2000 dalam Barang *et al*, 2019). Kualitas air berkaitan dengan mutu air seperti yang tertera dalam Peraturan Pemerintah nomor 22 tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup” yaitu kondisi air pada waktu dan tempat tertentu yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter tertentu dan metode tertentu sesuai dengan ketentuan dan perundang undangan yang berlaku”.

B. Standar Kualitas Air

Standar Kualitas air adalah nilai mutu atau patokan kualitas air dalam pemanfaatan air yang berasal dari berbagai sumber supaya memberikan dampak yang baik bagi kesehatan. Standar kualitas air merupakan tolak ukur yang telah ditentukan oleh Pemerintah berdasarkan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, di dalam peraturan tersebut tercantum penetapan SBMKL media air dengan parameter fisika, kimia dan mikrobiologi dan Persyaratan Kesehatan. Dalam peraturan tersebut telah ditentukan angka kadar yang di perbolehkan agar tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia. Standar kualitas air ini sangat

penting untuk dipatuhi karena air yang tidak sesuai standar dan tercemar walaupun dampaknya tidak langsung terlihat tetapi akan berbahaya jika terpapar dalam waktu lama. Statistik Indonesia (2010) yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) menyebutkan berbagai penyakit yang dapat mengganggu kesehatan manusia akibat pencemaran air adalah diare, demam berdarah, hepatitis A dan hepatitis B, penyakit kulit, kanker kulit, kanker kandung kemih, dan kanker paru-paru.

Agar masyarakat terhindar dari dampak pencemaran air tersebut khususnya untuk air yang diminum, Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 lebih lanjut memberikan acuan berupa SBMKL media air minum dengan parameter wajib berupa parameter mikrobiologi, fisika, dan kimia seperti tercantum dalam tabel 2.1.

Tabel 2 .1
Parameter Wajib Air Minum dalam Peraturan Menteri Kesehatan
Nomor 2 Tahun 2023

No	Jenis Parameter	Kadar Maksium yang Diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
Mikrobiologi				
1	<i>Echerichia Coli</i>	0	CFU/1000 ml	SNI/APHA
2	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/1000 ml	SNI/APHA
Fisika				
3	Suhu	Suhu udara ± 3	$^{\circ}\text{C}$	SNI/APHA
4	<i>Total Dissolve Solid</i>	< 300	mg/L	SNI/APHA
5	Kekeruhan	< 3	NTU	SNI atau yang setara

No	Jenis Parameter	Kadar Maksium yang Diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
6	Warna	10	TCU	SNI/APHA
7	Bau	Tidak berbau	-	APHA
Kimia				
8	Ph	6,5-8,5	-	SNI/APHA
9	Nitrat (NO ³)	20	mg/liter	SNI/APHA
10	Nitrit (NO ²)	3	mg/liter	SNI/APHA
11	Kromium (Cr)	0,01	mg/liter	SNI/APHA
12	Besi (Fe)	0,2	mg/liter	SNI/APHA
13	Mangan (Mn)	0,1	mg/liter	SNI/APHA
14	Sisa Khlor	0,2-0,5 dengan waktu kontak 30 menit	mg/liter	SNI/APHA
15	Arsen (As)	0,01	mg/liter	SNI/APHA
16	Kadmium (Cd)	0,003	mg/liter	SNI/APHA
17	Timbal (Pb)	0,01	Mg/liter	SNI/APHA
18	Fluoride (F)	1,5	mg/liter	SNI/APHA
19	Alumunium (Al)	0,2	mg/liter	SNI/APHA

Sumber: Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2023

C. Parameter Fisika, Kimia Dan Mikrobiologi

Parameter yang diuji sesuai dengan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 adalah : a). parameter fisika yang mengukur suhu, kekeruhan, warna, bau, dan *Total dissolve solid* (TDS), b). parameter kimia termasuk pH, nitrit (NO³), nitrit (NO²), kromium (Cr), besi (Fe), mangan (Mn), sisa klorin, arsen (As), kadmium (Cd), timbal (Pb), dan alumunium (Al) dan c). parameter mikrobiologi termasuk *Echerichia Coli* dan *Total Coliform*.

Parameter Fisika

Kualitas air yang baik harus memiliki beberapa parameter fisika, seperti suhu normal, tidak berbau, tidak berasa, atau berwarna dan tidak mengandung padatan *Total Dissolve Solid* (TDS) (Rohmawati dan Kustomo, 2020). Sebagaimana diatur dalam Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, SBMKL media air minum mencakup suhu, *total dissolve solid* (TDS), kekeruhan, warna dan bau.

a. Suhu

Air yang baik harus memiliki suhu yang sebanding dengan udara yaitu sekitar 28°C, kondisi ini menurut Rohmawati dan Kustomo (2020) untuk mencegah pelarutan zat kimia yang ada pada saluran atau pipa yang dapat berbahaya bagi kesehatan, menghentikan reaksi biokimia dan mencegah pertumbuhan mikroorganisme patogen. Suhu air yang lebih tinggi dari batas normal sebaiknya tidak diminum karena menunjukkan bahwa terdapat bahan kimia yang terlarut dalam jumlah besar seperti fenol atau belerang atau sedang terjadi aktivitas mikroorganisme melakukan dekomposisi bahan organik (Wiyono *et al*, 2017).

Kedalaman pipa saluran air dan jenis sumber air akan memengaruhi suhu di wilayah iklim tertentu, menyebabkan kelarutan bahan padat dalam air meningkat (Tumanggor, 2017). Suhu dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri dan alga di air. Semakin tinggi suhu air, semakin buruk kualitasnya. Kualitas air akan lebih baik jika suhu air diturunkan. Tingkat oksigen terlarut (DO) dan nilai pH dapat dipengaruhi oleh suhu (Li dan Shuangyin Liu, 2019). Suhu yang meningkat dapat

meningkatkan toksisitas bahan tertentu, seperti logam berat dalam air, karena penurunan daya larut oksigen terlarut (Apriadi, 2005 dalam Kareliasari 2021). Menurut Yolanda (2023), ada hubungan antara suhu dan parameter kualitas air lainnya, hubungan antara suhu dan pH adalah salah satunya. Suhu dapat mempercepat reaksi kimia, seperti reaksi asam-basa, sehingga pH air cenderung meningkat seiring dengan suhu. Menurut Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, suhu maksimum yang diperbolehkan untuk persyaratan kualitas air minum adalah $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu udara.

b. *Total Dissolve Solid* (TDS)

Padatan terdiri atas senyawa organik dan anorganik yang terlarut dalam air, mineral dan garam yang disebut zat padat terlarut total (TDS). Jika air memiliki kadar TDS yang tinggi, kerak akan menutupi peralatan dan membuat air terlihat seperti logam (Sasongko, *et al*, 2014). Air dengan TDS tinggi, menurut Nugroho dan Setyo Purwoto (2013), berbahaya bagi kesehatan karena dapat menyebabkan penyumbatan di area tubuh karena terlalu banyak mineral anorganik yang tidak dikeluarkan. TDS dapat menyebabkan tekanan darah tinggi, stroke, batu ginjal, katarak atau batu empedu di ginjal jika mengendap di pembuluh darah. Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 menetapkan TDS maksimum yang diperbolehkan untuk dikonsumsi adalah $<300\text{ mg/l}$.

c. *Kekeruhan*

Zat pencemar berupa partikel kecil dalam air biasanya menyebabkan air menjadi keruh. Kehalusan partikel dan konsentrasinya

mempengaruhi tingkat kekeruhan air. Partikel suspensi seperti lumpur, tanah liat, bahan organik terlarut, bakteri, plankton dan organisme lainnya biasanya menyebabkan kekeruhan perairan. Sifat optik air yang ditentukan oleh banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan dalam air disebut kekeruhan perairan (Mahida, 1993; Marganof, et.al, 2007). Air permukaan yang mengalami peningkatan kekeruhan yang biasanya disebabkan oleh hujan merupakan air yang sulit diolah (Marbun, 2016).

Menurut Sosrodarsono dalam Tezia (2020), kisaran kekeruhan 13,65–18,94 NTU secara umum cukup baik dan masih membantu kehidupan makhluk air. Tingkat kekeruhan minimal adalah 5 NTU dan tingkat kekeruhan maksimum adalah 25 NTU (Sutrisno dalam Tezia,2020). Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 menetapkan tingkat kekeruhan air minum maksimum yang diperbolehkan adalah ≤ 3 NTU.

d. Warna

WHO menyatakan bahwa air yang baik tidak berwarna dan tidak berbau. Partikel yang dihasilkan dari pembusukan bahan organik, ion metal alam seperti besi dan mangan, plankton, humus, buangan industri, dan tanaman air dapat menyebabkan warna air berbeda. Air berwarna kemerahan jika mengandung oksida besi, sedangkan air yang mengandung oksida mangan berwarna kecoklatan atau kehitaman. Selain itu warna pada perairan mengindikasikan adanya kadar besi minimal 0,3 mg/l dan mangan minimal 0,05 mg/l (Peavy *et al.*, 1985 dalam Effendi, 2003).

Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 mengatur warna yang diizinkan adalah 10 TCU.

e. Bau

Bau pada air dapat disebabkan oleh bakteri yang menghancurkan senyawa organik atau benda asing seperti bangkai binatang atau bahan buangan. Dalam proses penguraian senyawa organik yang dilakukan oleh bakteri menghasilkan gas yang berbau menyengat dan bahkan mungkin beracun. Hidung dapat digunakan untuk mengidentifikasi bau pada air. Tujuan deteksi bau pada air adalah untuk memastikan apakah ada bau yang berasal dari pencemar. Air yang memiliki bau dapat dianggap sebagai air yang tidak layak (Majid, 2019). Air yang baik menurut Permenkes Nomor 2 Tahun 2003 dan WHO adalah tidak berbau.

1. Parameter Kimia

Parameter kimia memainkan peran penting dalam menentukan apakah kualitas air layak untuk dikonsumsi atau tidak. Parameter kimia seperti pH, Amoniak, Nitrat, Nitrit, Mangan, kesadahan (CaCO_3), Sulfat, dan logam termasuk dalam kategori ini (Rosita, 2014). Menurut Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, parameter kimia yang perlu diuji untuk menentukan kualitas air minum adalah pH, Nitrit (NO_3), Nitrit (NO_2), Kromium (Cr), Besi (Fe), Mangan (Mn), sisa Klorin, Arsen (As), Kadmium (Cd), Timbal (Pb), Fluoride (F), dan Alumunium (Al).

a. *Power of Hydrogen* (pH)

Salah satu indikator kualitas air adalah *power of Hydrogen* atau pH. Menurut Barang dan Satyanto Krido Saptomo (2019) pH adalah ukuran yang menunjukkan berapa banyak asam dan basa yang ada dalam suatu larutan. pH normal biasanya memiliki nilai 7, nilai pH lebih dari 7 menunjukkan bahwa zat tersebut memiliki sifat basa, sedangkan nilai pH di bawah 7 menunjukkan bahwa zat tersebut asam. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang rendah, dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaan tertinggi (Joko,2010). Ambang batas pH air minum yang diatur oleh Permenkes RI nomor 2 tahun 2023 adalah 6,5 sampai 8,5.

b. Nitrat (NO_3)

Senyawa Nitrogen yang paling teroksidasi penuh adalah Nitrat. Oleh karena itu, walaupun Nitrat tidak mudah teroksidasi, ia mungkin menjadi pengoksida yang kuat (Annisa, *et.al.*, 2021). Salah satu jenis Nitrogen yang paling umum ditemukan di perairan alami adalah Nitrat (NO_3). Ammonium yang masuk ke perairan menghasilkan Nitrat. Limbah memasukkan Nitrat ke dalam air permukaan. Aktifitas mikroorganisme dalam air dapat menyebabkan kadar Nitrat turun. Ammonium akan dioksidasi oleh mikroorganisme menjadi Nitrit, yang kemudian diubah oleh bakteri menjadi Nitrat (Mustofa, 2015). Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 menetapkan batas maksimum kadar Nitrat terlarut dalam air adalah 20 mg/l.

c. Nitrit (NO_2)

Siklus Nitrogen terdiri dari ion anorganik alami seperti Nitrit (NO_2). Aktifitas mikroba di tanah atau air menguraikan sampah Nitrogen organik menjadi Ammonia, yang kemudian dioksidasi menjadi Nitrat dan Nitrat. Nitrat adalah senyawa yang paling umum di dalam air tanah dan air permukaan karena mudahnya Nitrit dioksidasi menjadi Nitrat.

Tujuh Puluh Sembilan persen udara mengandung Nitrogen bebas. Hanya tumbuhan yang dapat mengambil unsur Nitrogen dalam bentuk Nitrat, asam Nitrat dibuat dari Ammonia melalui proses oksidasi katalitik. Siklus Nitrogen juga menghasilkan Nitrit (Talib,2019). Permenkes Nomor 2 tahun 2023 menetapkan batas tertinggi kadar Nitrit terlarut dalam air adalah 3 mg/l

d. Kromium (Cr)

Cr adalah simbol untuk Kromium, salah satu unsur logam berat. Nilai atom Kromium (NA) adalah 24 dan berat atom (BA) adalah 51,996. Ada dua cara Kromium dapat masuk ke badan perairan yaitu secara alamiah dan nonalamiah. Cr masuk secara alami melalui proses erosi atau pengikisan pada batuan mineral dan air hujan akan menurunkan partikel atau debu Cr di udara (Bugis, *et.al.*, 2013). Sedangkan masuknya tidak alami disebabkan oleh aktivitas manusia, misalnya limbah industri dan rumah tangga yang dibuang ke badan air (Bugis, *et.al.*,2013).

Meskipun logam Cr yang masuk ke lingkungan dapat berasal dari berbagai sumber, sumber yang paling umum adalah aktivitas industri,

pertambangan, aktivitas rumah tangga dan pembakaran zat sisa, serta mobilitas bahan bakar (Bugis *et.al.*, 2013). Logam Cr dapat mengkontaminasi udara, air dan makanan, menyebabkan bahaya bagi tubuh manusia karena dapat menyebar ke berbagai bagian tubuh dan sebagian akan terakumulasi (Bugis *et.al.*, 2013). Kadar maksimum yang diizinkan oleh Permenkes nomor 2 tahun 2023, nilainya adalah 0,01 mg/l.

e. Besi (Fe)

Kandungan besi dalam air tanah sangat umum berkisar antara 0,01 mg/l sampai 25 mg/l. Jumlah besi di atas 1 mg/l jarang ditemukan pada air permukaan, tetapi dapat ditemukan pada air tanah. Air tanah dengan konsentrasi Karbondioksida yang tinggi menyebabkan kondisi di mana konsentrasi besi mineral tidak larut (Fe^{3+}) turun menjadi ion bervalensi dua (Fe^{2+}). Air dengan konsentrasi besi tinggi dapat membuat kain dan peralatan dapur kotor (Pasaribu *et al.*, 2017).

Mengonsumsi air yang mengandung besi berbahaya bagi manusia dan dapat menyebabkan mual serta merusak dinding usus hingga kematian. Kandungan besi di atas 1 mg/l dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata serta mendorong pertumbuhan bakteri besi. Besi memiliki efek positif selain efek negatif yang telah disebutkan karena besi dapat digunakan untuk membuat sel darah merah, tetapi jika kadar besi melebihi batas maksimum yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan diperlukan pengolahan tambahan (Kesumaningrum, *et.al.*, 2019). Menurut SBMKL

Media Air Minum Permenkes Nomor 2 Tahun 20023 kadar besi maksimum yang diperbolehkan adalah 0,2 mg/l.

f. Mangan (Mn)

Mangan merupakan logam berat yang sangat penting untuk kesehatan tulang, metabolisme tulang, dan pembentukan enzim. Korosi akan terjadi jika kadar Mangan dalam air melebihi batas maksimum, hal ini dapat menyebabkan tubuh lebih rentan terhadap penyakit (Warsyidah, *et.al.*, 2019)

Dalam kondisi anaerobik, Mangan dalam air tetap ada dan tetap stabil dalam bentuk Mn^{2+} , karena kadar oksigen yang rendah menyebabkan Mn^{2+} teroksidasi menjadi Mn^{4+} . Apabila kandungan oksigen sedikit, maka kandungan Karbon dioksida relatif banyak, oleh karena itu cenderung sulit untuk mengoksidasi Mn^{2+} berubah membentuk MnO_2 yang tidak dapat terlarut dalam air. Ini meningkatkan total kandungan logam Mn. Air yang memiliki kadar Mn tinggi pada umumnya disebabkan oleh hubungan secara langsung antara lapisan tanah yang memiliki kandungan Mn dengan air.

Kadar Mn yang tinggi pada air dapat menyebabkan rasa air yang kurang enak dan peningkatan kekeruhan air (Yunus, *et.al.*, 2020). Menurut Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 baku mutu kadar Mn tidak boleh lebih dari 0,1 mg/l.

g. Sisa Klor

Klorin sisa pembubuhan desinfektan, adalah produk sampingan dari proses pengolahan air minum yang menghasilkan Klor bebas (Hakim, 2018). Pengolahan air minum hingga tahapan filtrasi atau penyaringan akan mengurangi jumlah *Escherichia Coli* dalam air, namun tidak menjamin akan memusnahkan semua bakteri, oleh karena itu perlu proses desinfeksi. Desinfeksi adalah metode penyemprotan desinfektan yang bertujuan untuk memusnahkan semua mikroorganisme yang menyebabkan penyakit. Karena ekonomis dan stabil, senyawa yang mengandung kaporit sering digunakan sebagai desinfektan (Afrianita, *et.al.*, 2016).

Tujuan sisa Klor adalah untuk memusnahkan bakteri yang masuk saat proses air minum disalurkan kepada pelanggan. Terlalu sedikit sisa Klor dalam sistem penyaluran air akan menyebabkan bakteri berkembang biak pada air, yang dapat menyebabkan penyakit yang ditularkan oleh media air kepada pelanggan. Apabila kandungan sisa Klor yang terlalu banyak dapat mengakibatkan bau kaporit yang pekat, yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Trihalomethane (THM) yang merupakan produk sisa Klorinasi yang bersifat zat yang berpotensi menyebabkan kanker, adalah salah satu efek samping dari kegiatan Klorinasi. Kadar sisa Klor dalam jaringan penyalur air dapat dipengaruhi oleh banyak variabel termasuk sumber air, kondisi pipa, jarak, kualitas air dan kualitas pipa (Afrianita, *et.al.*, 2016).

Salah satu penelitian menunjukkan bahwa banyak pipa PDAM tercemar bakteri, dimana secara dominan tercemar bakteri *Eschericia Coli*. Selain itu, tingginya kadar sisa Klor disebabkan oleh hubungan jarak antar pipa dengan banyaknya *Eschericia Coli* pada penyaluran air (Syahputra, 2012). Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 menetapkan SBMKL sisa Klor dalam media air minum nilainya antara 0,2-0,5 mg/l dengan waktu kontak 30 menit.

h. Arsen (As)

Salah satu logam berat yang memiliki warna keperakan dan sangat toksis adalah Arsen (As) (Hazimah dan Nurlinda Ayu Triwuri 2018). Pada air limbah industri pembuatan semikonduktor silicon dan industri elektronik dan gallium arsenid dapat ditemukan kandungan Arsen karena Arsen dengan konsentrasi tinggi sebagai komponen penyusunnya. Reaksi kimia, aktivitas biologi, reaksi geokimia, kegiatan antropologi dan emisi gunung berapi adalah semua cara alami Arsen dapat bergerak.

Karena tingkat toksisitas Arsen yang tinggi terhadap organisme hidup, pencemaran Arsen dianggap serius. Menurut Nisaa (2023), paparan Arsen pada air minum dapat mengakibatkan kanker kulit dan beberapa organ lainnya, termasuk ginjal. Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 tentang SBMKL Media Air Minum menetapkan kandungan Arsen pada air minum maksimal 0,01 mg/ liter

i. Kadmium (Cd)

Logam berat yang paling umum ditemukan dalam limbah pabrik yang dibuang ke air adalah Kadmium (Cd). Kandungan Kadmium dalam air akan menjadi racun bagi kehidupan disekitarnya (Purnomo,1996). Karena aktivitas manusia, logam Kadmium dapat masuk ke dalam perairan dan dapat masuk ke dalam air minum melalui air limbah industri yang mengandung Kadmium. Walaupun dalam konsentrasi yang sangat rendah, air Kadmium berbahaya bagi tubuh.

Efek beracun Kadmium dapat dipengaruhi oleh berapa lama tingkat paparan dan kandungan selama proses paparan, oleh karena itu apabila terpapar sangat tinggi selama waktu yang lama akan meningkatkan efek racun. Tubuh yang terpapar Kadmium pada dosis rendah tetapi secara terus menerus dapat mengakibatkan masalah pada fungsi ginjal, tetapi satu dosis Kadmium dapat mengakibatkan masalah pada saluran pencernaan. Kadmium dapat mempengaruhi sistem biologis karena mudah terakumulasi dalam organisme dan sedimen.

Kadmium termasuk jenis logam berat berbahaya karena organisme hidup tidak mampu menghancurkannya. Keracunan Kadmium menyerang organ hati dan ginjal sehingga dapat menyebabkan gagal ginjal hingga kematian. Keracunan Kadmium di Jepang menyebabkan tulang melunak dan keretakan (O'Neill dalam Pulungan dan Wahyuni 2021). Peramenkes Nomor. 2 Tahun 2023 menetapkan kandungan Kadmium maksimal 0,003 mg/l untuk air minum.

j. Timbal (Pb)

Salah satu jenis logam berat yang paling berbahaya atau beracun bagi tubuh adalah Timbal (Pb). Dilaporkan Timbal memiliki dampak racun jangka panjang dan akut. Toksisitas akut Timbal jarang terjadi di masyarakat secara umum, tetapi toksisitas jangka panjang dapat terjadi tanpa disadari karena sumber paparan Timbal yang meningkat di lingkungan.

Sumber paparan Timbal dapat berasal dari air yang sudah tercampur lindi di tempat pembuangan sampah (Handriyani *et al.*, 2020). Anonim (2015) menyatakan dalam Artati, (2018) bahwa Timbal biasanya digunakan sebagai penghambat korosif pipa besi. Faktor lingkungan, ketebalan dan jenis pipa, jangka waktu atau umur pipa, tekanan, dan proses korosifikasi semuanya menyebabkan Timbal mudah terlepas dari saluran pipa dan memungkinkan Timbal mengkontaminasi air yang mengalir pada pipa air, terutama dalam pipa air rumah tangga serta berdampak pada kesehatan tubuh.

Orang dapat terkontaminasi dengan logam Timbal melalui konsumsi makanan atau minuman, kontak langsung dengan kulit, inhalasi dari udara, kontak melalui mata, serta melalui parental dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Ciri-ciri keracunan kronis ditandai dengan anemia, mual, sakit perut, dan bahkan kelumpuhan. Selain itu, keracunan Timbal dapat berdampak pada sistem peredaran darah, sistem endokrin,

sistem saraf, sistem urinaria, sistem reproduksi, dan sistem jantung (Palar, 2012).

Timbal dapat berdampak negatif pada sistem saraf serta tulang dan gigi. Kekeroposan gigi atau karies adalah dampak yang paling terlihat pada gigi akibat terpapar Timbal. Karena keracunan Timbal, janin dalam kandungan ibu juga dapat mengalami karies gigi yang jauh lebih tinggi, katarak dan ketulian. Kasus ini terjadi pada penduduk di Bangka Belitung yang mengalami karies gigi yang parah karena kandungan Timbal dalam air minum mereka (Anonim, 2015 dalam Artati, 2018). Pada Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 kandungan maksimal Timbal sebesar 0,01 mg/liter.

k. Fluoride (F)

Sebelumnya dikenal sebagai Fluorin, Fluoride adalah salah satu dari tiga belas elemen paling banyak di planet Bumi. Ion Fluoride ada dalam kadar yang berbeda di setiap sumber air atau persediaan air dalam tanah. Ion Fluorida adalah zat yang sangat elektronegatif dan aktif, dapat ditemukan di banyak tempat di alam, termasuk mineral-mineral di tanah, air, tumbuhan hingga binatang. Salah satu sumber Fluoride yang cukup tinggi adalah air. Oleh karena itu, kadar Fluoride dalam air yang diminum tidak boleh berlebihan. Dalam lingkungan tropis, air minum dengan kadar Fluoride lebih dari 0,4 ppm sudah dapat menyebabkan fluorosis. Hal ini dikarenakan pada lingkungan tropis konsumsi air lebih banyak di bandingkan dengan lingkungan dengan iklim dingin (Munadzirroh, 1997 dalam Astriningrum, et al.2010).

Kandungan ion Fluoride pada air dapat membahayakan kesehatan tubuh (Huang, *et. al.*, 2016). Tingginya kandungan Fluoride dapat mengakibatkan kerusakan gigi, deformasi tulang, dan memar tiroid, hati, serta organ lain (Changmai *et.al.*, 2018 dalam Setiawan,*et.al*, 2020). Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 menetapkan kadar Floride sebesar 1,5 mg/liter.

1. Aluminium (Al)

Sekitar 18% kerak bumi terdiri dari unsur Aluminium (Al). Dalam proses menghasilkan air minum biasanya ditemui alumunium dengan jenis yang paling umum ditemukan adalah Aluminium sulfat yang memiliki berat molekul yang lebih rendah daripada air murni.

Meskipun Aluminium tidak berbahaya bagi tubuh, tetapi jika kandungannya lebih dari batas yang ditetapkan, maka dapat berdampak buruk bagi kesehatan seperti gangguan suara, kerusakan pada sistem saraf pusat, kelelahan, kejang otot hingga kehilangan ingatan (Tumanggor, 2017). Menurut Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, kadar Alumunium yang diperbolehkan adalah 0,2 mg/liter.

2. Parameter Mikrobiologi

Dalam pengujian kualitas air, keberadaan bakteri *Total Coliform* menandakan air telah terkontaminasi tinja manusia (Marwah, 2017). Kontaminasi mikroorganisme patogen di lingkungan perairan dapat berasal dari perumahan manusia, peternakan dan pertanian. *Escherichia Coli* adalah salah satu bakteri *Coliform*, sering ditemukan di kotoran manusia dan hewan.

Bakteri tersebut yang paling umum digunakan untuk menunjukkan bahwa air tercemar.

Purwanti (2020) menyatakan bahwa kandungan bakteri *Coliform* pada air menandakan adanya mikroba yang memiliki sifat enteropatogenik dan berbahaya bagi kesehatan. Kontaminasi *Echerichia Coli* yang lebih tinggi di air dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan diantaranya masalah pencernaan. Bakteri *Echerichia Coli* dapat digunakan sebagai cara untuk mengetahui seberapa bersih perairan (Yuliasuti, 2011). Maksimal jumlah *Echerichia Coli* dan *Total Coliform* yang di perbolehkan adalah 0 CFU/ 100 ml (Permenkes Nomor 2 Tahun 2023).

D. Pengolahan Air

Pengolahan air bersih adalah proses teknis untuk melindungi sumber air dengan meningkatkan kualitas air sampai mencapai tingkat yang diinginkan sehingga masyarakat dapat menggunakan air bersih dengan aman. Air baku diolah menjadi air minum yang layak konsumsi melalui proses pengolahan air. Terdapat air baku yang harus dilakukan pengolahan dan ada yang tidak harus diolah sebelum digunakan untuk keperluan sehari-hari, industri, pelayanan publik dan umum. Terhadap air baku yang harus diolah harus memenuhi standar mutu air hingga air layak dikonsumsi (Subekti, 2012).

Danau, sungai, mata air dan sumur air serta air buangan atau air laut yang dibendung merupakan sumber air baku. Air baku sebagai bahan air minum berasal dari sumber air permukaan, air hujan dan cekungan air tanah yang memenuhi standar tertentu sebagai air minum (Marbun, 2016). Air hujan yang

mengalir di atas permukaan Bumi disebut air permukaan. Air ini biasanya tercemar saat mengalir seperti lumpur, sampah, dan buangan industri. Daerah pengaliran air permukaan menentukan jenis kandungan dari pencemar (Marwah, 2017).

Terdapat dua kategori pengolahan air adalah pengolahan lengkap dan sederhana. Proses pengolahan lengkap menggunakan instalasi pengolahan air (IPA) dimana didalamnya terdapat proses pengolahan fisika, kimia, dan mikrobiologi. Adapun pengolahan tidak lengkap atau sederhana adalah pengolahan yang hanya menggunakan salah satu atau dua dari proses pengolahan fisika, kimia, atau mikrobiologi.

1. **Pengolahan Lengkap**

Air akan mengalir ke tiga bangunan pengolahan selama proses pengolahan. Proses awal dimana air baku mengalir ke bangunan unit pengambil air baku (*intake building*), kemudian air mengalir ke bangunan *water treatment plant* (WTP) dimana pada tahapan ini air baru diolah menjadi air bersih. *Koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan disinfeksi* adalah tahapan *water treatment plant* (WTP). Air yang telah di olah di *water treatment plant* (WTP) akan mengalir dan ditampung pada bangunan *reservoir*. Berikut adalah rincian pengolahan lengkap yang dibagi menjadi tiga tahapan yaitu:

a. ***Intake Building***

Intake building adalah tempat pertama air masuk yang berasal dari sumber air. Bangunan ini memiliki *screen bar* yang menyaring benda

asing dalam air. Setelah itu air akan mengalir ke dalam bak besar sebelum dipompa ke *water treatment plant*.

b. ***Water Treatment Plant (WTP)***

WTP adalah instalasi utama yang digunakan untuk pengolahan air bersih. WTP memiliki beberapa komponen pengolahan yang membuat air dapat digunakan secara layak. Bagian-bagian ini terdiri atas:

1) *Unit Koagulasi*

Unit *koagulasi* atau *flash mix* berfungsi untuk mencampur koagulan atau bahan kimia yang dapat bereaksi dengan air baku untuk membentuk koloid yang disebut *flok*. Dalam unit koagulasi ini, air akan didestabilisasi dari kotoran atau partikel koloid. Kegiatan koagulasi dapat dilakukan secara fisika melalui *rapid mixing* (pengadukan cepat) dan hidrolis (terjunan atau *hydrolic jump*) atau secara kimiawi dengan menambah tawas (Aluminium sulfat) dan secara mekanis dengan menggunakan batang pengaduk untuk mencampur tawas secara merata.

2) *Flokulasi*

Istilah lain *flokulasi* adalah dengan pengadukan lambat dimana selama proses berlangsung terjadi pembentukan *flok-flok* yang lebih besar selama *flokulasi*. *Flok-flok* dapat mudah mengendap di bak sedimentasi karena ada perbedaan berat jenis terhadap air. Air akan diaduk perlahan selama proses *flokulasi* agar tawas dapat mengikat partikel kotoran dan membentuk flok yang lebih besar agar lebih mudah mengendap.

3) Sedimentasi jenis

Proses sedimentasi merupakan proses pengendapan, hal ini terjadi ketika partikel dengan berat jenis lebih besar daripada berat jenis air akan mengendap ke bawah dan partikel dengan berat jenis lebih kecil akan mengapung. Air akan masuk ke bak sedimentasi setelah terbentuk *flok* yang biasanya berbentuk lumpur. Bak sedimentasi ini digunakan untuk menghilangkan berbagai jenis partikel dalam air, seperti partikel yang sudah terkoagulasi contohnya yaitu kekeruhan, partikel terendapkan dan warna. Bak sedimentasi juga menyingkirkan endapan dari proses presipitasi seperti CaCO_3 , besi dan mangan. Untuk mempercepat proses sedimentasi, plate settler digunakan pada bak sedimentasi yang memungkinkan ukuran bak dapat dibuat menjadi lebih kecil. Pihak PUPR mengatakan bahwa dengan menambah atap, kondisi bak sedimentasi ini akan lebih baik karena dalam kondisi temperatur tinggi, *flok-flok* yang terbentuk akan naik ke atas yang menyebabkan proses sedimentasi sulit. Pada bak sedimentasi dilakukan proses kegiatan mencampurkan bahan kimia PAC dan klorin. Selain itu pada bak sedimentasi memiliki bak penyaringan yang cepat dan penyaringan lambat menggunakan pasir kuarsa atau pasir kristal.

4) Filtrasi

Filtrasi ini menyaring flok-flok halus yang belum keluar dari sub unit sedimentasi. Setelah dipisahkan dari lumpur, air akan disaring kembali hingga benar-benar bersih melalui bak filtrasi. Pasir silika

digunakan sebagai media penyaringan. Penyaringan ini dimaksudkan untuk menghilangkan sisa-sisa flok yang menyebabkan kekeruhan air. Air yang sudah keluar dari bak filtrasi pada umumnya sudah jernih. Proses filtrasi ini adalah tahapan terakhir dari proses pengolahan dan penjernihan air.

Terdapat penyaringan cepat dan penyaringan lambat selama tahap filtrasi. Penyaringan cepat dikerjakan sebelum air mengalir ke bak *reservoir*. Penyaringan cepat jenis *rapid sand filter* atau saringan pasir cepat adalah jenis unit filtrasi yang dapat menciptakan debit air yang lebih besar daripada saringan pasir lambat (*slow sand filter*) dimana dapat dipakai untuk mengurangi tingkat kekeruhan dan padatan tersuspensi. Saringan pasir cepat biasanya memerlukan banyak bahan penyusun (Supian, 2020). Saringan lambat adalah instalasi yang digunakan untuk mengurangi kekeruhan dan *Total Suspended Solid* (TSS) air baku. Proses penyaringan terjadi secara gravitas, sangat lambat serta simultan pada permukaan media.

Di sisi lain, pada proses penyaringan adalah gabungan dari proses fisika (filtrasi, sedimentasi, dan adsorpsi), proses biokimia dan proses biologi. Untuk mengolah air baku yang memiliki tingkat kekeruhan sedang sampai dengan tingkat kekeruhan rendah (kurang dari 50 mg/liter SiO₂) dan konsentrasi oksigen terlarut DO (*dissolved oxygen*) tingkat sedang sampai dengan tingkat tinggi, saringan pasir lambat adalah pilihan yang lebih baik. Tujuan dari kandungan oksigen

terlarut ini adalah untuk mencapai proses biokimia dan biologi yang optimal.

Pengolahan awal diperlukan terhadap sistem saringan pasir lambat jika air baku memiliki kekeruhan tinggi dan konsentrasi oksigen terlarut rendah. Pasir kuarsa biasanya digunakan sebagai media penyaring. Pasir yang digunakan sebagai media filter memiliki ukuran butiran kecil dan mengandung kuarsa yang tinggi. Media pasir saringan memiliki ukuran yang sangat kecil, sehingga pori-pori antara butiran media juga sangat kecil. Meskipun pori-porinya kecil, mereka tetap tidak dapat menahan partikel koloid dan bakteri dalam air baku. Meskipun demikian, aliran yang berkelok-kelok melalui pori-pori saringan dan lapisan kulit saringan menghasilkan gradien kecepatan yang memungkinkan partikel halus berinteraksi satu sama lain dan membentuk gugusan yang lebih besar serta dapat menahan partikel di kedalaman tertentu. Ini memungkinkan filtrat untuk memenuhi standar kualitas air bersih (Kustiasih, 2014).

5) *Desinfeksi*

Setelah pengolahan selesai biasanya dilakukan proses desinfeksi. *Desinfeksi* bertujuan untuk menghilangkan mikroorganisme yang tersisa selama proses pengolahan. *Disinfeksi* fisika menggunakan gelombang mikro dan ultraviolet dan desinfeksi kimia menggunakan larutan kaporit dan gas klor.

c. *Reservoir*

Reservoir adalah tempat air disimpan sebelum didistribusikan ke konsumen. Ada dua jenis *reservoir* yaitu *reservoir* beton dan *reservoir tank*. *Reservoir* dapat berada di atas permukaan tanah atau di bawah permukaan tanah. *Reservoir* dibutuhkan untuk menyeimbangkan kebutuhan akan air, meningkatkan keutuhan operasi, mengurangi penggunaan pompa, menyimpan air untuk situasi darurat, dan melindungi gelombang tekanan balik. Air yang telah diolah akan masuk ke tempat penampungan sementara sebelum di distribusikan ke rumah dan bangunan.

Untuk menghemat biaya pembangunan dan operasional, pipa *HDPE* dan *PVC* biasanya digunakan dalam proses pengaliran air. Instalasi pengolahan air (IPA) biasanya dibangun di daerah yang cukup tinggi, seperti bukit atau gunung. sehingga dapat menghemat penggunaan pompa air karena dapat dialirkan dengan menggunakan gaya gravitasi.

Reservoir dalam sistem distribusi terbagi menjadi dua kategori yaitu *reservoir* pelayanan dan *reservoir* penyeimbang (Zalzilah, 2018) kategori ini di dasarkan pada fungsinya. *Reservoir* memasok sebagian besar jaringan pipa distribusi, menambah tekanan air pada jaringan pipa distribusi dan menstabilkan tekanan air pada jaringan pipa distribusi. *Reservoir* penyeimbang juga berfungsi sebagai penampung air bersih yang dipompakan dan didistribusikan ke berbagai *reservoir* pelayanan dengan menggunakan pompa yang merata sehingga menghemat listrik (Joko, 2010).

2. Pengolahan Tidak Lengkap

Pada pengolahan tidak lengkap atau sederhana biasanya menggunakan air yang berasal sumber mata air tetapi masih mengandung CO₂ serta mineral lainnya yang kadarnya masih diatas standar, oleh karena itu proses pengolahan sederhana dilakukan dalam dua tahapan yaitu dengan melakukan pengurangan CO₂ dengan menggunakan instalasi aerasi untuk menurunkan kadar CO₂ sekaligus menambah O₂ dan marmer filter menyaring sisa-sisa kotoran mineral dari sumber mata air.

Proses pengolahan air sederhana atau tidak lengkap terdiri atas tahapan berikut:

a. Aerator karbon (CO)

Bangunan aerator berfungsi untuk meningkatkan kontak udara dengan air. Proses aerasi bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi oksigen dalam air. Menurut Baskoro dan Ramadhan (2018), peningkatan konsentrasi oksigen di dalam air akan membawa banyak keuntungan bagi proses pengolahan air manfaatnya untuk:

- 1) Meningkatkan jumlah oksigen yang ada dalam air.
- 2) Menghilangkan kandungan karbon dioksida agresif dan mengurangi kandungan besi dan Mangan.
- 3) Menghilangkan bau dan rasa yang tidak enak.

Air tanah biasanya mengalami kontak dengan berbagai jenis material di bumi, menyebabkan air tanah mengandung kation dan anion terlarut serta sejumlah senyawa anorganik lainnya. Besi dan mangan

adalah yang banyak ditemui dalam air tanah. Apabila air tanah yang mengandung kadar besi dan mangan dengan konsentrasi tinggi terus dikonsumsi, akan menimbulkan masalah bagi kesehatan yang mengkonsumsinya. Oleh karena itu, air harus diolah terlebih dahulu sebelum dapat dikonsumsi oleh makhluk hidup.

Metode aerasi adalah salah satu cara pengolahan dengan cara memasukan oksigen kedalam air. Metode aerasi ini bertujuan untuk membuat besi (Fe) dan mangan (Mn) bereaksi dengan oksigen. Metode ini akan menghasilkan larutan Fe dan Mn yang sebelumnya berbentuk Fe^{2+} dan Mn^{2+} menjadi Fe^{3+} dan Mn^{3+} , yang kemudian akan mengendap dan dipisahkan dari air tanah (Batara et al., 2017).

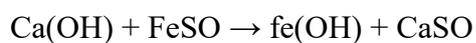
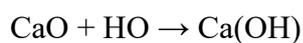
Metode aerasi efektif untuk mengurangi atau menghilangkan bahan pencemar dalam air. Ketika kecepatan oksidasi pada air tinggi, konsentrasi oksigen terlarut menjadi lebih tinggi, yang mengakibatkan penurunan kandungan karbon dioksida dalam air. Akibatnya, pH terukur air akan menjadi lebih tinggi dan debit udara akan lebih besar. Dengan meningkatkan debit udara, durasi aerasi juga akan meningkat. Ini akan mengurangi kadar mangan dalam air (Batara et al., 2017).

b. Marmer Filter

Setelah proses pengolahan melalui sistem *tray aerator*, air masuk ke tempat penyaringan atau filtrasi melalui marmer filter. Marmer filter berupa filter dengan menggunakan butiran batu marmer ($CaCO_3, CaO$). Marmer filter fungsi berfungsi sebagai penghilang besi dan mangan. Jika

media tembikar digunakan sebagai penyaring endapan yang terbentuk, filter marmer akan bekerja lebih baik. Penggunaan batu marmer (CaCO_3 , CaO) sebagai media filter dapat menyebabkan kadar besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam air turun karena proses pertukaran ion terjadi pada permukaan media marmer. Akibatnya, larutan besi (Fe) dan Mangan (Mn) akan berubah menjadi endapan saat bereaksi dengan permukaan batu marmer.

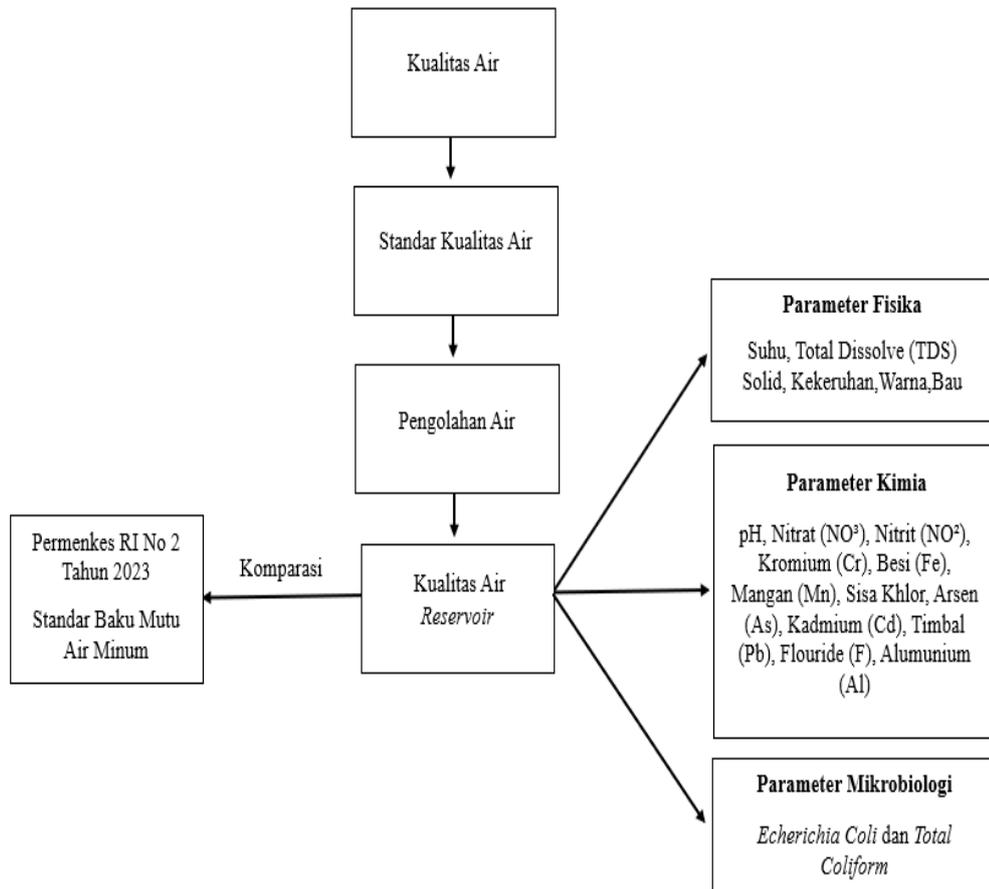
Suatu molekul bermuatan akan terikat secara kimiawi pada permukaan yang memiliki muatan berlawanan ketika menyentuh permukaan tersebut. Dalam kondisi tertentu, molekul-molekul ini memiliki kemampuan untuk mengubah posisinya dengan molekul-molekul lain dalam air yang memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk terikat, oleh karena itu pertukaran dapat terjadi. Pada permukaan batu marmer, ion Fe dan Mn (OH^-) yang terlarut berubah menjadi endapan (CaCO_3 dan CaO) yang menempel pada media batu marmer melalui reaksi berikut:



Kandungan kapur (CaO) ditemukan pada permukaan batu marmer. Kapur adalah suatu basa yang dapat meningkatkan pH larutan. Jika pH larutan meningkat, ini menunjukkan bahwa konsentrasi CO_2 terlarut dalam air berkurang.

E. Kerangka Teori

Kerangka teori penelitian adalah sebagai berikut (Gambar 2.1)



Sumber : Permenkes RI No. 2 Tahun 2023

Gambar 2 1. .Kerangka Teori