

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Air

Air adalah zat bersifat cair tanpa rasa, bau, atau warna. Air, yang terdiri atas hydrogen dan oksigen dalam rumus kimia H_2O , memiliki sifat yang memungkinkannya untuk memenuhi semua kebutuhan semua jenis kehidupan, termasuk tumbuhan, hewan, dan manusia. Hanya menggunakan matahari sebagai sumber energi. Air adalah salah satu sumber daya alam yang merupakan modal dasar dan komponen utama pembangunan masyarakat karena memiliki peran penting bagi kehidupan manusia dan menjaga kesejahteraan umum.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menambahkan parameter fisik dan kimia untuk pengujian kualitas air.

B. Sumber – Sumber Air

Air di permukaan bumi dapat berasal dari tiga sumber berbeda: air angkasa (hujan), air permukaan, dan air tanah. Jenis sumber air dibagi berdasarkan sumbernya.

1. Air angkasa (*rain water*)

Air angkasa atau air hujan adalah sumber air utama di Bumi. Meskipun air ini merupakan sumber air yang paling bersih pada saat partisipasi, air ini cenderung tercemar ketika berada di atmosfer. Partikel debu, mikroorganisme, dan gas, seperti karbon dioksida, nitrogen, dan ammonia, dapat membentuk permukaan diatmosfer.

2. Air permukaan (*surface water*)

Air permukaan, yang terdiri dari badan-badan air seperti sungai, danau, telaga, waduk, rawa, terjun, dan sumur permukaan, sebagian besar berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Tanah, sampah, dan faktor lainnya kemudian mencemari air hujan tersebut.

3. Air tanah (*ground water*)

Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi kemudian terserap ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi alami, membuat tanah lebih murni dan lebih baik daripada air permukaan. Semua proses yang telah dialami air hujan tersebut, didalam prosesnya ke bawah tanah, membuat tanah lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan.

Air tanah diklasifikasikan menjadi tiga kategori: air dangkal, air tanah dalam, dan mata air. Kategori ini didasarkan pada kualitas, kuantitas, dan mineral yang ada di dalam air tanah. (Mayasari & Hastarina, 2018).

a. Air tanah dangkal

Untuk memenuhi kebutuhan air tawar penduduk Indonesia masih menggunakan sumur untuk mendapatkan air tanah dangkal yang ada di lapisan akuifer (lapisan buatan yang menyimpan dan mengalirkan air) paling atas. Air tanah dangkal terletak sekitar 15 meter di bawah permukaan tanah dan memiliki kualitas yang cukup baik untuk digunakan sebagai air minum. Jumlah air tanah dangkal dipengaruhi oleh musim: seperti pada musim hujan berlimpah air tanah dangkal, tetapi pada musim kemarau mengalami keterbatasan.

Air tanah dalam berada di antara dua lapisan batuan yang kedap air disebut akuifer tertekan. Secara alami, air tanah dalam dapat keluar dari akuifer melalui

sumur artesis yang terbentuk ketika ada slope atau kemiringan di antara dua lapisan kedap air (impermeable). Kualitas air tanah dalam lebih baik daripada air tanah dangkal jika ditemukan 100 hingga 300 meter di bawah permukaan. Kuantitas air tanah dalam cukup besar, dan musim tidak mempengaruhinya secara signifikan.

b. Mata air

Menurut (Hendrayana et al., 2015) Mata air adalah tempat air tanah mengalir keluar atau merembeskan air dari lapisan akuifer ke permukaan tanah secara alamiah. Selanjutnya, air yang keluar dari mata air mengalir ke permukaan tanah sebagai air permukaan melalui alur, juga dikenal sebagai alur sungai. Banyak orang menyebut mata air sebagai sumber air dari sungai-sungai yang ada.

Mata air memiliki kualitas yang hampir sama dengan kualitas air minum, dan tidak terpengaruh oleh musim. Sehingga dapat dipergunakan untuk kepentingan umum dalam jangka waktu yang lama.

C. Klasifikasi Mutu Air

Klasifikasi mutu air menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Airn klasifikasi baku mutu air diubah dari 4 kelas menjadi 5 kelas, yaitu:

- 1) Kelas I: Air yang diperuntukkan bagi peruntukan baku mutu air minum.
- 2) Kelas II: Air yang diperuntukkan bagi peruntukan baku mutu air untuk keperluan budi daya ikan dan/atau biota air lainnya.
- 3) Kelas III: Air yang diperuntukkan bagi peruntukan baku mutu air untuk keperluan perairan yang diperuntukkan bagi perenang, perahu layar, dan/atau olahraga air lainnya.
- 4) Kelas IV: Air yang diperuntukkan bagi peruntukan baku mutu air untuk keperluan perairan yang diperuntukkan bagi pelayaran, pengangkutan,

dan/atau kegiatan industri lainnya.

- 5) Kelas V: Air yang diperuntukkan bagi peruntukan baku mutu air untuk keperluan perairan yang diperuntukkan bagi kegiatan budidaya air payau, tambak, dan/atau kegiatan lainnya yang sejenis. (Kementerian Kesehatan 2023)

D. Syarat Air Minum

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum Air minum adalah air yang dapat diminum langsung setelah melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan dan memenuhi standar kesehatan. Selama air minum memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang diperlukan agar menjamin keamanan bagi kesehatan. Syarat untuk air minum dan air bersih terdiri dari dua komponen: kuantitatif dan kualitatif. Berikut adalah persyaratan yang harus dipenuhi:

a. Aspek Kuantitatif

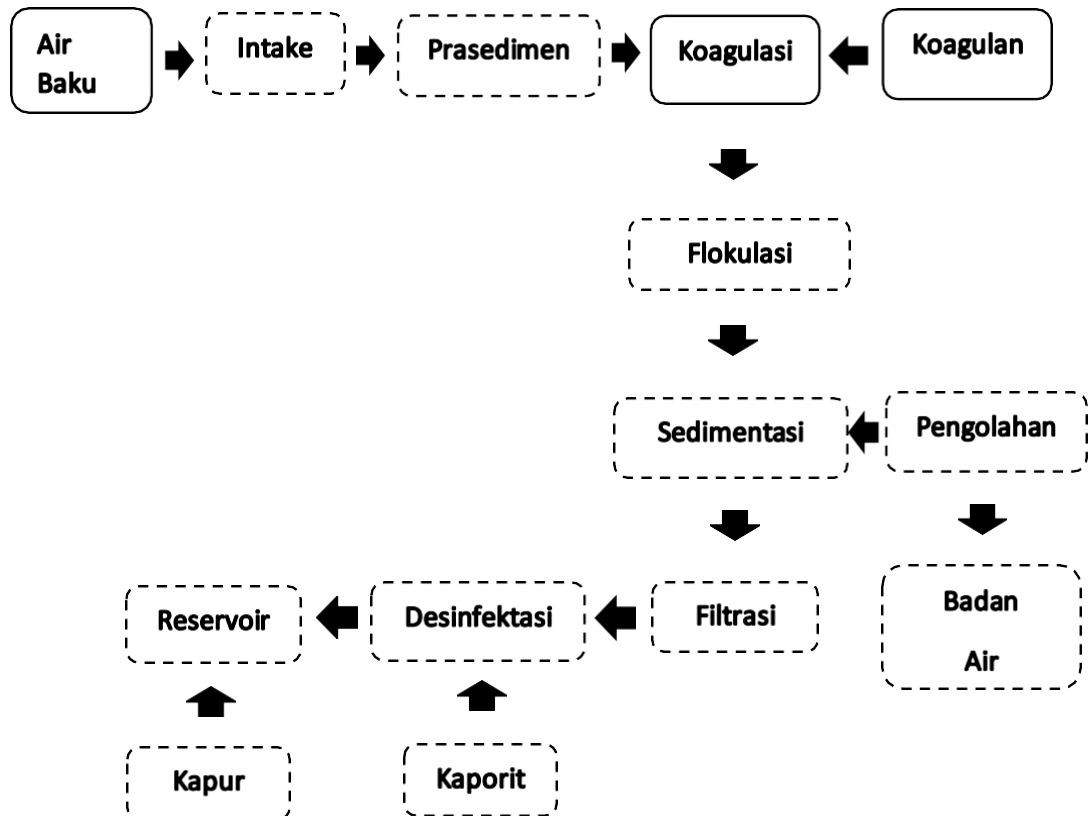
Aspek kuantitatif memenuhi jumlah kebutuhan rata-rata Pemakaian rata-rata per orang per hari berbeda-beda di setiap desa, tetapi elemen kuantitatif memenuhi kebutuhan sehari-hari. Orang pedesaan membutuhkan 60 liter air setiap hari, sedangkan orang kota membutuhkan 150 liter.

b. Aspek kualitatif

Air bersih harus memenuhi persyaratan kesehatan secara kualitatif dan kuantitatif. Aspek kualitas jika menyimpang dapat menyebabkan kerugian seperti masalah kesehatan atau penyakit, masalah teknis, dan masalah estetika akan muncul jika tidak memenuhi persyaratan (Astuti. Dkk., 2015)

E. Sistem Pengolahan Air Minum

Proses pengolahan air secara umum yang sumber airnya berasal dari air permukaan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. Proses Pengolahan Air Minum

(Sumber Maulana, 2022)

Proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi serta adanya instrumen pengontrolan air merupakan proses IPA dalam mengolah air secara umum. Instalasi ini didesain dengan tujuan menghasilkan air yang layak dikonsumsi bagi masyarakat. (Kembara, 2018)

F. Kekeruhan

Kekeruhan adalah parameter fisika yang digunakan untuk mengukur jumlah partikel tersuspensi dalam air. Koloid merupakan salah satu penyebab kekeruhan pada air. Partikel koloid yang biasa terdapat didalam air permukaan diantaranya adalah humus, tanah liat, silika,

dan virus (Elvan, 2019).

Ciri utama koloid padat yang tersebar dalam air yang tidak akan mengendap karena gaya gravitasi adalah ukuran partikel koloid padat dengan ukuran sekitar 0,1 mikrometron hingga 100 mikrometron sangat kecil dan tidak akan mengendap karena gaya gravitasi. Stabilitas koloid padat yang tersebar di air tidak akan mengendap karena muatan elektrik pada permukaan partikel, koloid padat yang tersebar di air tidak akan mengendap. Morfologi koloid padat yang terdispersi (mengalami penyebaran merata) dalam air mungkin memiliki morfologi yang berbeda, seperti partikel sfera, kubus, silinder, atau kombinasi dari ketiga bentuk tersebut. Morfologi koloid mempengaruhi sifat-sifatnya, seperti stabilitas, permukaan, dan interaksi antara partikel. Media pendispersi, kekuatan ion dan pH (Suhendar et al., 2020)

Kekeruhan dapat mempengaruhi kualitas air minum karena dapat menyebabkan air menjadi tidak jernih. Selain itu, kekeruhan juga dapat menjadi media bagi pertumbuhan mikroorganisme, sehingga dapat meningkatkan risiko penularan penyakit. Pengukuran kekeruhan air minum dapat dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut turbidimeter. Cahaya yang ditransmisikan melalui sampel akan diukur oleh sensor, dan nilai kekeruhan air akan ditampilkan dalam satuan *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) (Siahaan et al., 2020). Jika kekeruhan melebihi dari 50 NTU, itu tergolong tinggi, dan kekeruhan 25 NTU sudah dapat mengganggu organisme akuatik. Intensitas cahaya tinggi akan lebih mengoptimalkan pertumbuhan, tetapi terlalu banyak cahaya pada ukuran tertentu dapat menyebabkan stres atau bahkan kematian ikan. Karena bentuk dan indeks refraksi masing-masing partikel mempengaruhi penyebaran sinar dari suspensi, kekeruhan tidak terkait langsung dengan berat berbagai bahan yang ada dalam suspensi. Beberapa cara untuk mengukur kekeruhan sebagai:

- a. Metode neflometrik, yang menggunakan unit kekeruhan NTU dan FTU
- b. Metode Hellige Turbidimeter, yang menggunakan unit kekeruhan silikan
- c. Metode visual, yang menggunakan unit kekeruhan Jackson.

G. Koagulasi Flokulasi

Koagulasi adalah proses penambahan koagulan pada air baku yang menyebabkan terjadinya destabilisasi (tidak stabil) dari partikel koloid agar terjadi agregasi dari partikel yang telah terdestabilisasi tersebut. Dengan penambahan koagulan, kestabilan koloid dapat dihancurkan sehingga partikel koloid dapat menggumpal dan membentuk partikel dengan ukuran yang lebih besar, sehingga dapat dihilangkan pada unit sedimentasi. Proses ini bertujuan untuk menetralkan atau mengurangi muatan negatif pada partikel. Koagulasi partikel-partikel koloid akan saling menarik dan menggumpal membentuk mikroflok. Prinsip dasar proses koagulasi adalah gaya tarik menarik antara ion-ion negatif dengan ion-ion positif. Mikroflok yang telah terbentuk akan saling bergabung menjadi partikel flokulan (makroflok) dengan pengadukan yang lambat, proses ini disebut flokulasi. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses koagulasi dan flokulasi adalah konsentrasi padatan atau zat terlarut yang terkandung dalam air limbah, jenis koagulan yang digunakan, kecepatan putaran pengaduk dalam tangki dan kecepatan air limbah yang masuk dalam tangki.

Konsentrasi padatan atau zat terlarut dalam air limbah akan mempengaruhi kebutuhan konsentrasi koagulan yang dibutuhkan dalam pengolahan air limbah. Jenis koagulan yang akan digunakan bergantung pada karakteristik air limbahnya, hal ini disebabkan karena jenis koagulan akan bekerja baik pada derajat keasaman (pH) dan suhu air limbah tertentu. Kecepatan putaran tangki berpengaduk berpengaruh terhadap ukuran flok yang terbentuk dan dapat memecah flok yang sudah terbentuk. Kecepatan proses flokulasi harus lebih lambat dari proses koagulasi (Transaminase & Urat, 2021)

Terdapat 4 mekanisme destabilisasi (tidak stabil) partikel, yaitu (i) pemampatan lapisan ganda, (ii) adsorpsi untuk netralisasi muatan, (iii) penjebakan partikel dengan koagulan, serta (iv) adsorpsi dan pembentukan jembatan antar partikel melalui penambahan polimer. Derajat keasaman (pH) adalah salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi proses

koagulasi. Bila proses koagulasi dilakukan tidak pada rentang pH optimum, maka akan mengakibatkan gagalnya proses pembentukan flok dan rendahnya kualitas air yang dihasilkan. Saat ini banyak koagulan yang dapat digunakan dalam proses koagulasi (Amari, 2023), diantaranya:

Tabel 1.
Daftar Koagulan

No.	Nama	Rumus Kimia	Bentuk	Reaksi	pH Optimum
1.	Poly Aluminium Chloride	$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0-7,8
2.	Aluminium Sulfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0-7,8
3.	SodiumAluminat	$NaAlO_2$ atau $Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0-7,8
4.	Ferro Sulfat	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Kristal halus	Asam	>8,5
5.	Ferri Chloride	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	Bongkah, cairan	Asam	4,0-9,0
6.	Ferri Sulfat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Kristal halus	Asam	4,0-9,0

(Sumber Elvan, 2019)

Koagulan yang digunakan untuk penelitian ini adalah *Aluminium sulfat* (tawas) dan *Poly aluminium chloride* (PAC.)

H. Tawas

Tawas merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai koagulan. Tawas mudah didapat dan murah harganya. Tawas mempunyai rumus kimia $Al_2(SO_4)_3$ merupakan jenis yang umum digunakan sebagai koagulan pada berbagai tempat pengolahan air. Senyawa tersebut di

dalam air akan terurai menjadi ion-ion, yakni Al^{3+} dan SO_4^{2-} . Ion-ion tersebut akan berikatan dengan ion-ion yang ada dalam air dan terbentuk senyawa baru yang mempunyai sifat mudah mengendap, yaitu $\text{Al}(\text{OH})_3$. Tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) merupakan koagulan yang umum digunakan pada proses pengolahan penjernihan air. Jenis koagulan tersebut mempunyai sifat yang dapat menarik partikel-partikel lain dalam media air, sehingga berat, ukuran dan bentuknya menjadi semakin besar dan lebih mudah mengendap.

Pada penjernihan air, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ akan terurai menjadi dispersi koloid yang bermuatan positif Al^{3+} dan akan mengikat partikel koloid bermuatan negative sehingga partikel yang ada di dalamnya mengendap. Tawas merupakan kristal putih yang berbentuk gelatin dan mempunyai sifat yang dapat menarik partikel - partikel lain sehingga berat, ukuran dan bentuknya menjadi semakin besar dan mudah mengendap. Tawas dapat digunakan untuk penjernihan air, melalui proses penggumpalan (koagulasiflokulasi) padatan - padatan terlarut maupun tersuspensi di dalam air, sehingga dapat digunakan untuk pembersihan air sumur, sebagaibahan kosmetik, zat warna tertentu dan zat penyamak kulit.

I. PAC

Adapun PAC menurut (Elvan, 2019), PAC adalah polimer alumunium yang merupakan jenis koagulan baru sebagai hasil riset dan pengembangan teknologi pengolahan air. Sebagai unsur dasarnya adalah alumunium yang berhubungan dengan unsur lain membentuk unit yang berulang dalam suatu ikatan rantai molekul yang cukup panjang. Dengan demikian PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel – partikel koloid sehingga koagulasi berlangsung lebih efisien.

Karena rantai polimernya yang panjang, muatan listrik positifnya yang tinggi, dan berat molekulnya yang besar, PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa. Karena muatan listrik positifnya yang tinggi, PAC dapat dengan mudah menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid dan dapat mengatasi mengurangi gaya tolak menolak elektrostatis antar

partikel sekecil mungkin, sehingga memungkinkan partikel – partikel koloid saling mendekat gaya tarik menarik kovalen dan membentuk gumpalan massa yang lebih besar. Rentang pH PAC adalah 6-9, yang menunjukkan bahwa PAC dapat digunakan dengan baik (Rosariawari & Mirwan, 2013). Rumus umum PAC adalah $(Al_2(OH)_nCl_{6-n})_m$. PAC digunakan sebagai koagulan dan flokulan dalam suatu proses pengolahan air. Aplikasi PAC pada dasarnya dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1. Pada pemrosesan air permukaan untuk keperluan air bersih, air minum dan air untuk proses industri (PDAM, industri kertas, industri textile, industri baja dll).
2. Pada pemrosesan limbah cair industri, antara lain: industri pulp dan kertas, Industri textile, industri gula, industri makanan, dan lain –lain.

J. Jar Test

Percobaan jar test adalah untuk menentukan dosis yang tepat dari koagulan dan flokulan yang digunakan dalam proses pengolahan air mensimulasikan skala penuh proses flokulasi dan koagulasi untuk menentukan dosis kimia yang ideal untuk proses pengolahan. Proses ini menjernihkan air dengan menggunakan koagulan, dan koagulan membentuk flok-flok dengan ion-ion dalam larutan sampel, yang mengumpulkan partikel kecil dan koloid yang tumbuh dan akhirnya mengendap. Flok terbentuk dengan agitasi dari alat agitator. Koagulan yang berbeda akan tentunya menghasilkan tingkat kejernihan yang berbeda sesuai dengan konsentrasi dan volume koagulan. (Andriansyah, 2020)

Keadaan yang digunakan selama pengujian dimaksudkan untuk menggambarkan operasi dalam kondisi normal proses pengolahan kimia (Andriansyah, 2020) . Pengujian ini mungkin digunakan untuk:

1. Pemilihan dalam dosis optimum
2. Pemilihan bahan kimia paling aktif
3. Menentukan jumlah koagulan dan flokulan dengan dosis yang tepat

K. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi – Flokulasi

Proses koagulasi dan flokulasi yang optimum dipengaruhi banyak variable yang kompleks, variabel yang mempengaruhi adalah

a. Kualitas Air

Kekeruhan menentukan jumlah koagulan yang diperlukan. Meskipun penambahan koagulan tidak selalu berhubungan dengan kekeruhan, kekeruhan tinggi dapat meningkatkan proses koagulasi. Selain itu, penurunan warna di bawah 5 PtCo sangat menantang selama proses koagulasi karena dosis yang tinggi diperlukan; namun, penurunan warna sampai ± 15 PtCo lebih mudah dicapai.

b. Karakteristik Air dan kuantitasnya

Ukuran partikel yang tidak sama jauh lebih mudah untuk dilakukan koagulasi. Karena pusat aktif lebih mudah terbentuk pada partikel kecil, sedangkan partikel besar mempercepat pengendapan, ukuran partikel yang tidak seragam jauh lebih mudah untuk dikoagulasi. Kombinasi dari kedua jenis partikel ini membuat proses koagulasi lebih mudah.

c. Pengaruh pH

Dengan memilih pH yang tepat, jumlah koagulan yang digunakan untuk memperoleh effluent akan sangat sedikit. Ini disebabkan oleh fakta bahwa sifat kimia koagulan sangat bergantung pada pH. Jenis koagulan yang digunakan dan reaksi koagulan yang terjadi dalam air dalam mempengaruhi konsentrasi koagulan yang digunakan. Bahan kimia akan dibuang dan effluent pengolahan air limbah akan berkualitas rendah jika ada kesalahan operasi dalam menentukan range pH. Ketika koagulan Fe^{3+} digunakan, kisaran pH koagulasi adalah 5,0– 8,5, meskipun pH biasanya 7,5 Jenis koagulan. Dalam memilih jenis koagulan tentunya ada pertimbangan segi ekonomis dan efektivitas dalam pembentukan flok. Koagulan dalam bentuk zat larutan lebih efektif dibanding koagulan dalam bentuk serbuk.

d. Kadar ion terlarut

Ion-ion yang terlarut dalam air memiliki pengaruh yang lebih kecil terhadap proses koagulasi karena pengaruh anion lebih besar daripada kation. Ion-ion seperti natrium, kalsium, dan magnesium tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap proses koagulasi.

e. Dosis koagulan

Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk menghasilkan inti flok yang lain sangat bergantung pada berapa banyak koagulan yang dibutuhkan. Jika dosisnya kurang, tumbukan antar partikel akan berkurang, yang mempersulit pembentukan flok. Sebaliknya, jika dosisnya terlalu banyak, flok akan terbentuk dengan buruk dan dapat menyebabkan kekeruhan kembali.

f. Kecepatan pengadukan

Tujuan pengadukan adalah untuk mencampur koagulan ke dalam air. Untuk mencapai tujuan ini, pengadukan harus dilakukan dengan cara yang benar-benar merata, sehingga semua koagulan yang dimasukkan dapat bereaksi secara sempurna dengan ion-ion dalam air. Pengadukan yang terlalu cepat akan memperlambat pembentukan flok, dan pengadukan yang terlalu lambat akan menyebabkan flok yang sudah terbentuk pecah kembali.