

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber-Sumber Air Baku

Air merupakan sumber daya yang sangat diperlukan oleh makhluk hidup baik untuk memenuhi kebutuhan maupun menopang kehidupan secara alami. Kegunaan air yang bersifat universal atau menyeluruh dari setiap aspek kehidupan menjadi semakin berharganya air baik jika dilihat dari segi kuantitas maupun kualitas. Semakin tinggi taraf kehidupan seseorang, maka kebutuhan air akan meningkat. Air adalah senyawa yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang ada di bumi saat ini, sehingga dapat disimpulkan bahwa sumber daya air di muka bumi ini tidak akan bertambah jumlahnya. Di lain pihak, air menjadi kebutuhan penting bagi kehidupan makhluk hidup, khususnya kebutuhan akan air bersih (Pasaribu & Sianipar, 2021).

Sumber air dapat berasal dari mana saja dan sumber penyedia air baku terbagi menjadi empat, yaitu: (Istihara, 2019)

1. Air permukaan (*surface water*), sumber air yang terdapat pada permukaan bumi contohnya air sungai atau air danau. Air permukaan dapat dibagi menjadi beberapa macam yaitu limpasan, sungai, danau, dan rawa. Salah satu jenis air permukaan yaitu sungai sebagai sumber air yang penting dan banyak dimanfaatkan, sepanjang keberadaannya cukup dalam jumlah dan kualitas untuk berbagai keperluan seperti rumah tangga, irigasi, industri, aktivitas perdesaan dan perkotaan serta kehidupan organisme lainnya dalam suatu ekosistem. Jumlah air permukaan diperkirakan hanya 0,35 juta km³ atau hanya 1 % dari air tawar yang ada di bumi (Somadayo, 2021).
2. Air Tanah (*ground water*), air yang terkandung dalam ruang pori, fraktur, dan lainnya bukaan di bahan bawah permukaan di bawah permukaan air. Sumber utama air tanah adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah mengikuti suatu proses yang disebut sebagai daur hidrologi. Air tanah adalah sumber air tawar terbesar di planet bumi, mencakup kira-kira 30% dari total air tawar atau 10,5 juta km³.
3. Air laut mempunyai sifat asin yang mengandung kadar garam NaCl dalam air laut sebesar 3% dan ketersediaan air laut di bumi sekitar 97,5%.

4. Air hujan adalah air yang murni dan bersih tetapi mudah mengalami kontaminasi dikarenakan adanya pengotoran oleh debu industri atau kendaraan. sebanyak 21,12 mm/tahun volume air di udara yang menjadi air hujan, hanya 25% tertampung di waduk, sungai, danau, dan cekungan air tanah. 72 % ke laut dan 3 % untuk keperluan domestik dan pertanian (Kodoatie, 2008).

Wilayah di sekitar daerah aliran sungai yang menjadi tangkapan air disebut *catchment basin*. Air hujan yang jatuh ke bumi dan menjadi air permukaan memiliki kadar bahan-bahan terlarut atau unsur hara yang sangat sedikit. Hal ini disebabkan air hujan melarutkan gas-gas yang terdapat di atmosfer, misalnya gas karbondioksida (CO_2), sulfur (S), dan nitrogen oksida (NO_2) yang dapat membentuk asam lemah. Setelah jatuh ke permukaan bumi, air hujan mengalami kontak dengan tanah dan melarutkan bahan-bahan yang terkandung di dalam tanah (Somadayo, 2021).

2.2 Parameter Kualitas air

Persyaratan baku mutu air nasional yang berdasarkan PP RI No 22 Tahun 2021 lampiran VI tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, terbagi menjadi 4 kelas :

1. Kelas satu merupakan air yang di peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Syarat-syarat kualitas air baku yang akan diolah menjadi air bersih agar sesuai dengan kualitas dan mutu yang baik, maka air olahan dapat disesuaikan dengan peraturan tentang kualitas air yang digunakan. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 tahun 2017 menyatakan tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air. Baku mutu kualitas air bersih tersebut digunakan untuk kepentingan higiene sanitasi karena mencakup pemeliharaan kebersihan seperti mandi, cuci, kakus, dan sikat gigi serta keperluan mencuci bahan pangan, peralatan makan dan pakaian.

a. Parameter Fisik

Parameter fisik pada air merupakan aspek terpenting yang perlu diperhatikan, hal ini disebabkan karena kondisi perairan suatu lingkungan untuk menentukan kehidupan organisme di dalamnya. Parameter fisik meliputi kekeruhan, temperatur, warna, zat padat terlarut bau dan rasa.

Tabel 2.1 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 (Total Dissolved Solid)	mg/L	1000
4	Suhu	$^{\circ}\text{C}$	suhu udara ± 3
5	Rasa	-	Tidak berasa
6	Bau	-	Tidak berbau

Sumber : * (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017)

b. Parameter Biologi

Parameter biologi meliputi ada atau tidaknya bahan organik atau mikroorganisme seperti bakteri coli, virus, bentos dan plankton. Organisme yang peka akan mati di lingkungan air yang tercemar. Mikroorganisme yang sering digunakan sebagai indikator primer adalah bakteri golongan *coliform*, *streptococci*, *enterococci* dan *staphylococci*. Bakteri *coliform* bersifat aerobik dan fakultatif anerobik, gram negatif, tidak membentuk spora, dan berbentuk batang. Bakteri

escherichia coli adalah bakteri gram negatif berbentuk batang yang tidak membentuk spora yang merupakan flora normal di usus. Beberapa jenis *E.coli* dapat bersifat patogen. Adanya *E.coli* di dalam air minum menunjukkan bahwa air minum tersebut pernah terkontaminasi oleh kotoran manusia.

Tabel 2.2 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 : * (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017)

c. Parameter Kimia

Parameter kimia berhubungan dengan ion-ion senyawa ataupun logam yang membahayakan. Dengan adanya senyawa-senyawa ini kemungkinan besar bau, rasa dan warna air akan berubah, seperti yang umum disebabkan oleh adanya perubahan pH air. Pada saat ini kelompok logam berat seperti Fe, Hg, Ag, Pb, Cu, dan Zn tidak diharapkan kehadirannya didalam air.

Tabel 2.3 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No	Parameter Wajib	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	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

Sumber : * (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017)

Adapun parameter-parameter yang dianalisis dalam penelitian ini, antara lain :

2.2.1 Suhu

Suhu air yang baik mempunyai temperatur normal, $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu kamar (27°C) untuk higiene sanitasi. Suhu air yang melebihi batas normal menunjukkan indikasi terdapat bahan kimia yang terlarut dalam jumlah yang cukup besar (misalnya fenol atau belerang) atau sedang terjadi proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme dan apabila kondisi air seperti itu sebaiknya tidak diminum. Berdasarkan aspek suhu air yang normal akan mempermudah reaksi zat kimia, sehingga secara tidak langsung berimplikasi terhadap keadaan kesehatan pengonsumsi air (Slamet, 2004).

2.2.2 Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) berfungsi untuk mengetahui tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu larutan. Derajat keasaman yang cenderung asam disebabkan oleh meningkatnya jumlah H^{+} dalam air dan membuat H^{+} lebih besar dari pada OH^{-} , sehingga air dalam kondisi asam. Sebaliknya, jika air ingin dalam kondisi basa maka OH^{-} dalam air lebih besar dari pada H^{+} . Nilai pH suatu perairan mencirikan keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan merupakan pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. Air yang dikatakan sebagai air bersih didalamnya terdapat jumlah konsentrasi ion H^{+} dan OH^{-} yang seimbang serta bereaksi netral (Fitria, 2008). Air yang memiliki pH netral dan tidak menyebabkan masalah adalah 6,5-7,8.

Air dengan pH rendah ($<6,5$) berupa asam, mengandung padatan rendah, bersifat korosif dan dapat melarutkan logam termasuk besi. Dalam keadaan pH rendah, besi yang ada dalam air berbentuk ferro (Fe^{2+}) dan ferri (Fe^{3+}), bentuk ferri (Fe^{3+}) akan mengendap dan tidak larut dalam air. Mengakibatkan perubahan warna, bau dan adanya rasa karat pada air (Joko, 2010). Sedangkan untuk air yang memiliki pH tinggi ($>7,8$) berupa basa. Air tersebut tidak terlalu berdampak buruk pada kesehatan, akan tetapi dapat menimbulkan masalah berupa rasa basa pada air.

2.2.3 Dissolved Oxygen (DO)/Oksigen Terlarut

DO adalah parameter yang biasa digunakan untuk mengukur kualitas suatu perairan. Kelarutan oksigen terlarut akan menurun apabila suhu dan salinitas meningkat yang akan menimbulkan bau yang tidak sedap akibat degradasi anaerobik yang kemudian diikuti dengan meningkatnya CO_2 bebas menyebabkan tingginya parameter zat organik mengakibatkan menurunnya nilai pH. Berdasarkan kadar (Oksigen Terlarut), maka pengelompokkan kualitas air dapat menjadi empat bagian yaitu tidak tercemar $>6,5$ mg/L, tercemar ringan 4,5 – 6,5 mg/L, tercemar sedang 2,0 – 4,4 mg/L dan tercemar berat $<2,0$ mg/L (Odum, 1971).

Sumber oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer (sekitar 35%) dan aktivasi fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton. Difusi juga dapat terjadi karena turbulensi atau pergolakan masa air akibat adanya gelombang atau ombak dan air terjun. Kadar oksigen terlarut yang tinggi tidak menimbulkan pengaruh fisiologis bagi manusia. Keberadaan logam berat yang berlebihan di perairan mempengaruhi sistem respirasi organisme akuatik sehingga pada saat kadar oksigen terlarut rendah dan terdapat logam berat dengan konsentrasi tinggi, organisme akuatik akan menderita. Kadar oksigen terlarut yang kurang dari 2 mg/L dapat mengakibatkan kematian pada ikan (Effendi, 2003).

2.2.4 Total Dissolved Solid (TDS)

Kelarutan zat padat dalam air atau disebut sebagai *Total Dissolved Solid* (TDS) adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air. Padatan terlarut berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan terlarut, maka nilai kekeruhan juga semakin tinggi. Kekeruhan pada perairan yang mengalir seperti sungai dan saluran irigasi lebih banyak disebabkan oleh bahan terlarut yang berupa partikel-partikel halus, sedangkan kekeruhan pada

sungai yang sedang banjir disebabkan oleh bahan-bahan terlarut yang berukuran lebih besar yang berupa lapisan permukaan tanah yang terbawa oleh aliran air pada saat hujan (Effendi 2003).

Total zat padat terlarut biasanya terdiri atas zat organik, garam anorganik, dan gas terlarut. Bila total zat padat terlarut bertambah maka kesadahan akan naik pula. Selanjutnya efek padatan terlarut ataupun padatan terhadap kesehatan tergantung pada spesies kimia penyebab masalah tersebut (Slamet, 1994).

2.2.5 Besi (Fe)

Besi atau *Ferrum* (Fe) adalah metal berwarna abu-abu, liat, dan dapat di bentuk. Besi merupakan elemen kimiawi yang dapat di temukan hampir di setiap tempat di bumi pada semua lapisan-lapisan geologis, namun besi juga merupakan salah satu logam berat yang berbahaya apabila kadarnya melebihi ambang batas. Besi termasuk unsur esensial bagi mahluk hidup. Pada tumbuhan seperti algae, besi berperan sebagai penyusun sitokrom dan klorofil. Kadar besi yang berlebihan selain dapat mengakibatkan timbulnya warna merah juga mengakibatkan karat pada peralatan yang terbuat dari logam, serta dapat memudahkan bahan celupan (*dyes*) dan tekstil. Besi berperan dalam sistem enzim dan transfer elektron pada proses fotosintesis. Namun, kadar besi yang berlebihan dapat menghambat reaksi unsur lainnya (Effendi, 2003).

Besi dapat larut pada pH rendah. Kadar besi dalam air tidak boleh melebihi 1,0 mg/L, karena dapat menimbulkan rasa, bau dan dapat menyebabkan air yang berwarna kekuningan, menimbulkan noda pakaian dan tempat berkembang biaknya bakteri *Creonothrix* yaitu bakteri besi (Soemirat, 2009).

2.3 Standar Kualitas Air Baku Sebelum Proses *Reverse Osmosis*

Reverse Osmosis (RO) merupakan suatu metode proses penyaringan yang dapat menyaring berbagai molekul besar dan ion-ion dari suatu larutan dengan cara memberi tekanan pada larutan ketika larutan itu berada di salah satu sisi membran seleksi (lapisan penyaring). Proses tersebut menjadikan zat terlarut terendap di lapisan yang dialiri tekanan sehingga zat pelarut murni bisa mengalir ke lapisan berikutnya. Membran seleksi itu harus bersifat selektif atau bisa memilah yang

artinya bisa dilewati zat pelarutnya (atau bagian lebih kecil dari larutan) tapi tidak bisa dilewati zat terlarut seperti molekul berukuran besar dan ion-ion (Said, 2018).

Pengolahan air dengan menggunakan sistem *Reverse Osmosis (RO)* sangat dipengaruhi oleh kualitas air baku yang akan diolah, apabila air baku tidak memenuhi syarat maka akan menyebabkan membran cepat rusak dan tidak tahan lama. Proses RO sering terjadi permasalahan seperti *membrane Fouling*. *Membrane fouling* yaitu peristiwa menumpuknya zat terlarut pada permukaan membran atau di dalam pori-pori membran, sehingga dapat menyebabkan kinerja dari membran akan menurun dan rusak (Widayat, 2018). Proses pengolahan awal (*pretreatment*) sebelum proses *Reverse Osmosis (RO)* terdapat persyaratan yang harus terpenuhi, dapat dilihat pada dibawah **Tabel 2.4** ini.

Tabel 2.4 Standar Kualitas Air Baku Untuk Air Umpan Unit *Reverse Osmosis*

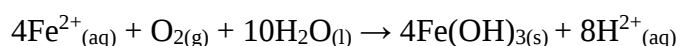
No	Parameter	Satuan	Air Baku (Max)
1	Warna	Pt. Co Scale	100
2	Bau	-	Relatif
3	Kekeruhan	NTU	20
4	Besi	mg/L	2,0
5	Mangan	mg/L	1,3
6	Khlorida	mg/L	4.000
7	Bahan Organik	mg/L	40
8	TDS	mg/L	12.000

Sumber : (Widayat, 2018)

2.4 Kadar Besi (Fe) Dalam Air

Besi atau *ferrum* (Fe) adalah salah satu logam yang paling banyak dijumpai di kerak bumi, metal berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Di alam didapat sebagai hematite. Secara kimia besi merupakan logam yang cukup aktif, hal ini karena besi dapat bersenyawa dengan unsur-unsur lain. Salah satu kegunaan besi adalah sebagai campuran untuk membuat paduan logam, misalnya untuk membuat baja, besi tempa, besi tuang dan lain-lain yang banyak digunakan sebagai bahan bangunan, peralatan-peralatan logam, rangka kendaraan dan lain. Sifat kimia perairan dari besi adalah sifat redoks, pembentukan kompleks dan metabolisme

oleh mikroorganisme. Besi dengan bilangan oksidasi rendah, yaitu Fe (II) umum ditemukan dalam air tanah dibandingkan Fe (III) karena air tanah tidak berhubungan dengan oksigen dari atmosfer, konsumsi oksigen bahan organik dalam media mikroorganisme sehingga menghasilkan keadaan reduksi dalam air tanah. Proses aerasi akan mengalami oksidasi oleh oksigen yang berasal dari udara bebas, sehingga ion ferro terlarut akan berubah menjadi ion ferri yang tidak terlarut dan akan menjadi endapan, proses aerasi tersebut akan menghasilkan reaksi oksidasi sebagai berikut :



Pada pembentukan besi (III) oksidasi terhidrat yang tidak larut menyebabkan air berubah menjadi kecokelatan. Reaksi oksidasi yang berlangsung antara perubahan unsur fe dalam bentuk ferro Fe^{2+} menjadi ferri Fe^{3+} dalam bentuk endapan, sehingga diperlukan pengolahan lanjutan untuk menyaring atau menahan endapan tersebut (Kusnaedi, 2010). Konsentrasi besi yang telah melebihi baku mutu yang ditetapkan pemerintah, akan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap air yang dikonsumsi antara lain rasa yang tidak enak, bau, dan air menjadi berwarna. Apabila air tersebut dikenakan pada material dapat menimbulkan noda kekuningan terhadap material tersebut. Seperti pada pakaian yang dicuci akan menjadi kusam apabila menggunakan air dengan konsentrasi besi yang tinggi. Selain itu, besi juga menimbulkan pengkaratan pipa (korosi), sedangkan efek negatif besi terhadap kesehatan manusia adalah dapat mengganggu sistem reproduksi, *mutagenic*, dan berpotensi sebagai pemicu kanker apabila dikonsumsi dalam kurun waktu yang lama (Arba, 2017).

Air minum yang mengandung besi cenderung menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Sekalipun Fe diperlukan oleh tubuh, tetapi dalam dosis yang besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini. Kadar Fe yang lebih dari 1 mg/L akan menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit. Apabila kelarutan besi dalam air melebihi 10 mg/L akan menyebabkan air berbau seperti telur busuk. Fe juga dapat diakumulasi dalam alveoli dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru- paru (Febrina & Astrid, 2014).

Aktivitas alam maupun manusia membutuhkan air untuk dapat melakukan fungsinya dengan baik. Air yang baik harus memenuhi syarat secara biologi, fisik,

dan kimia sesuai dengan yang telah ditetapkan pemerintah untuk memenuhi persyaratan baku mutu air nasional berdasarkan PP RI No 22 Tahun 2021 lampiran VI tentang Penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Salah satu parameter kualitas air adalah analisis kadar besi. Secara fisik, zat besi yang berlebihan dalam air dapat menyebabkan bau dan warna air minum, seperti mengubah air menjadi merah dan membuat minuman terasa tidak enak (Sahputra, 2021).

Kelarutan besi dalam air tergantung pada kedalamannya, semakin dalam air yang meresap pada tanah maka semakin tinggi kelarutan dalam air tersebut. Derajat keasaman (pH) rendah juga akan membentuk endapan besi akibat dari adanya proses korosif. Kadar besi yang melebihi standar kualitas air minum mengakibatkan beberapa gangguan seperti gangguan teknis yang menyebabkan sifat korosif, gangguan fisik yang menyebabkan berubahnya kondisi fisik air serta gangguan kesehatan yang menyebabkan rasa mual, rusaknya dinding usus bahkan kematian. Beberapa teknologi yang dapat digunakan untuk penurunan kadar besi adalah dengan penambahan oksidasi, *ion exchange*, adsorpsi, aerasi, dan filtrasi (penyaringan) (Istihara, 2019).

2.5 Aerasi

Aerasi adalah pengolahan air dengan cara mengkontakkan air olahan dengan udara bebas. Aerasi secara luas telah di gunakan untuk mengolah air yang mempunyai kadar kadar besi (Fe) terlalu tinggi (mengurangi kadar konsentrasi zat padat terlarut). Proses terjadinya aerasi yaitu oksigen yang ada di udara, akan bereaksi dengan senyawa Ferus dan manganous terlarut merubah menjadi *ferric* (Fe) yang tidak larut. Peralatan yang digunakan dalam proses aerasi biasanya terdiri dari aerator, bak pengendap serta filter atau penyaring. Aerator adalah alat untuk menyentuhkan oksigen dari udara dengan air agar zat besi atau mangan yang ada di dalam air baku bereaksi dengan oksigen membentuk senyawa *ferric* (Fe) yang relatif tidak larut di dalam air (Riyanto et al., 2021).

Aerasi merupakan istilah lain dari transfer gas, lebih dikhususkan pada transfer gas oksigen atau proses penambahan oksigen ke dalam air. Keberhasilan proses aerasi tergantung pada besarnya nilai suhu, kejenuhan oksigen, karakteristik

air dan turbulensi air. Fungsi utama aerasi dalam pengolahan air adalah melarutkan oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air, dalam campuran tersuspensi lumpur aktif dalam bioreaktor dan melepaskan kadar gas-gas yang terlarut dalam air, serta membantu pengadukan air (Firra et al., 2016).

2.5.1 Koefisien Transfer Gas (K_{La})

Koefisien transfer gas (K_{La}) merupakan nilai koefisien transfer gas secara keseluruhan yang memiliki satuan per waktu ($time^{-1}$). Perhitungan nilai (K_{La}) diperlukan data primer konsentrasi DO (mg/L), tekanan udara (mmHg) dan suhu air ($^{\circ}C$). Oksigen terlarut berpengaruh terhadap nilai (K_{La}). Pada *waterfall aerator*, perpindahan oksigen dipengaruhi oleh jarak *tray*. Semakin tinggi jarak *tray* akan mempengaruhi transfer oksigen. Selain jarak ketinggian, jumlah *tray* juga berpengaruh terhadap perpindahan oksigen semakin banyaknya jumlah *tray* maka semakin tinggi efisiensi yang didapatkan. Hal ini dikarenakan aliran pada *tray* menghasilkan turbulensi sehingga terjadi proses pembaruan pada permukaan air sehingga kontak udara antara oksidator dengan air yang terjadi lebih besar dan jumlah *tray* yang lebih banyak menjadikan pengulangan proses kontak udara dengan air lebih sering terjadi. (Iqbal et al., 2021)

Koefisien transfer gas didefinisikan sebagai proses dimana gas dipindahkan dari suatu fase ke fase lainnya, biasanya dari fase gas ke fase cair. Transfer gas melibatkan terjadinya kontak antara udara atau gas lain dengan air yang menyebabkan berpindahnya suatu senyawa dari fase gas ke fase cair atau menguapnya suatu senyawa dari fase cair (dalam bentuk terlarut) menjadi fase gas lepas ke udara. Mekanisme transfer gas terjadi secara difusi. Kelarutan gas dalam air dipengaruhi oleh suhu air, tekanan parsial gas dalam fase gas, konsentrasi padatan yang terlarut dalam air dan komposisi kimia gas (Harfadli, 2019).

Bila permukaan air dipaparkan dengan udara atau gas dan belum terjadi kesetimbangan sebelumnya, maka secara serentak dan segera pada bidang kontak antar fase akan terjadi kejenuhan dengan gas dan gas ditransportasikan ke badan air dengan proses difusi molekuler.

Hubungan antara konsentrasi dengan waktu dinyatakan dengan persamaan diferensial: (Harfadli, 2019)

$$\frac{\partial o}{\partial t} = K_{La} (C_s - C) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

K_{La} = koefisien transfer total,

C_s = konsentrasi gas jenuh, mg/L

C = konsentrasi gas di cairan, mg/L

Nilai (K_{La}) dapat ditentukan dalam skala percobaan dengan melakukan integrasi terhadap persamaan diferensial sehingga diperoleh persamaan garis lurus. Rumus perhitungan koefisien transfer gas (K_{La}) yang digunakan adalah sebagai berikut (Widarti et al., 2016):

$$\ln(C_s - C_t) = \ln(C_s - C_i) - K_{La} \times t \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

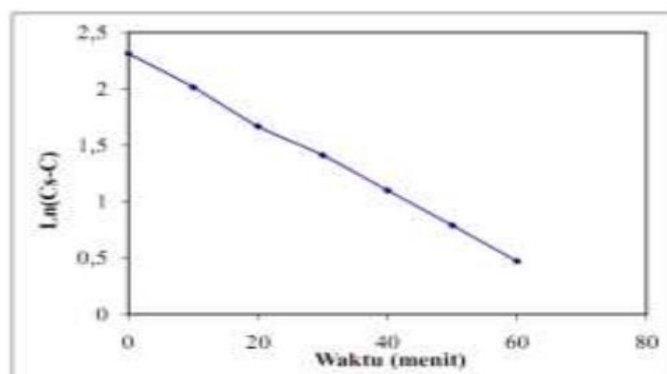
$K_{La} \times t$ = Koreksi oksigen transfer pada suhu yang diinginkan (time^{-1})

C_s = Konsentrasi gas jenuh, mg/L

C_t = Konsentrasi dalam interval waktu percobaan, mg/L

C_i = Konsentrasi awal, mg/L

Dari hasil percobaan dengan konsentrasi awal oksigen (C_s) dan konsentrasi oksigen dalam interval waktu percobaan (C), kemudian dapat di *plot* ke dalam grafik $\ln(C_s - C)$ vs *time*(t), maka diperoleh garis lurus dengan besarnya sudut arah (*slope*) adalah nilai (K_{La}) (Benefield, 1990), dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 Grafik Hubungan Waktu dengan $\ln(C_s - C)$

K_{La} merupakan koefisien transfer gas secara keseluruhan dan memiliki satuan per waktu. Dalam proses aerasi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perpindahan oksigen, diantaranya sebagai berikut (Benefield, 1990) :

1. Suhu

Koefisien transfer gas (K_{La}) meningkat seiring dengan kenaikan suhu, karena suhu dalam air akan mempengaruhi tingkat difusi, tegangan permukaan dan

kekentalan air. Kemampuan difusi oksigen meningkat dengan peningkatan suhu, sedang tegangan permukaan dan kekentalan menurun seiring dengan kenaikan suhu.

2. Kejenuhan Oksigen

Konsentrasi gas-gas terlarut dalam air telah mencapai titik jenuhnya jika dalam keadaan setimbang. Konsentrasi jenuh oksigen tergantung pada derajat salinitas air, suhu air, dan tekanan parsial oksigen yang berkontak dengan air. Proses aerasi yang lebih lama akan menghasilkan nilai jenuh oksigen (Fitriyana, 2018)

3. Konsentrasi jenuh oksigen (C_s)

Dalam air tergantung pada suhu dan tekanan parsial oksigen yang berkontak dengan air. Secara teoritis konsentrasi oksigen terlarut dalam air pada tekanan 760mmHg dapat diketahui melalui **Tabel 2.5** berikut ini.

Tabel 2.5 Konsentrasi Oksigen Terlarut Jenuh Pada Tekanan 760 mmHg

No	Suhu	DO
1	23	8,68
2	24	8,53
3	25	8,38
4	26	8,22
5	27	8,07
6	28	7,92
7	29	7,77
8	30	7,63

Sumber : (Benefield, 1990)

Dan nilai C_s pada tekanan barometrik dapat ditentukan dengan persamaan berikut (Benefield, 1990) :

$$C_s = (C_s)_{760} \frac{P-p}{760-p} \dots\dots\dots(2.3)$$

P menyatakan tekanan barometrik dalam mmHg dan p menyatakan tekanan jenuh uap air pada suhu air yang diaerasi. Tekanan jenuh uap air pada berbagai suhu disampaikan pada **Tabel 2.6**.

Tabel 2.6 Tekanan Uap Air Yang Berkontak Dengan Udara

No	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Tekanan Uap Jenuh (mmHg)
1	0	4
2	5	6
3	10	9
4	15	12
5	20	17
6	25	23
7	30	31

Sumber : (Benefield, 1990)

4. Karakteristik Air

Dalam praktek ada perbedaan nilai K_{La} untuk air bersih dengan K_{La} air limbah yang mengandung materi tersuspensi, surfaktan (detergen) dalam larutan dan perbedaan temperatur. Faktor-faktor ini juga mempengaruhi nilai C_s .

5. Turbulensi Air

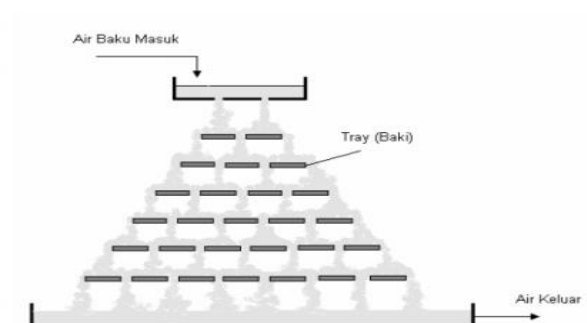
Turbulensi akan menurunkan derajat tahanan liquid – film, laju perpindahan masa oksigen karena terjadi percepatan laju pergantian permukaan bidang kontak, yang berakibat pada defisit oksigen (*driving-force*) tetap terjaga konstan, serta akan meningkatkan nilai koefisien perpindahan oksigen (K_{La}).

2.6 Tipe-Tipe Aerator

2.6.1 Multiple Tray Aerator

Aerator jenis ini terdiri dari seri *tray* yang dilengkapi dengan plat berlubang yang saling berhubungan dengan alasnya yang mampu mendistribusikan dan menjatuhkan air dalam bak penampung di bawahnya. Didalam *multiple tray* sering ditambahkan media kasar seperti kerikil, kerikil bara, keramik dengan ukuran 2-6 inch yang ditempatkan pada permukaan *tray* dengan tujuan untuk memperbaiki efisiensi perpindahan gas, penyebaran air dan tempat yang menguntungkan sebagai efek katalis penurunan dalam oksidasi mangan. Prakteknya jumlah *tray* yang dipakai adalah 3-9 *tray*, dengan jarak antar *tray* 12-30 inch sedangkan bahan yang digunakan dapat berupa dari *stainless steel*, alumunium dan kayu (Arifin, 1992).

Metode *Tray Aerator* yaitu pengolahan air yang menggunakan media aerasi rangkaian *tray* (nampan) yang diberi lubang pada setiap *tray* sehingga air dapat jatuh ke bagian bawah dan dasar diletakkan bak penampung. Menggunakan metode *tray aerator* ini keuntungannya tidak memerlukan perawatan. Pemilihan alat ini didasarkan atas susunannya yang sederhana, penggunaan biaya yang kecil, serta tidak memerlukan ruangan yang besar (Ulfa et al., 2019). Penggunaan zeolit dan karbon aktif sebagai media kontak pada aerasi dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi *tray aerator*. Proses oksidasi akan lebih ringan dengan adanya proses adsorpsi saat air kontak dengan media zeolit dan karbon aktif (Rachmawati et al., 2016).



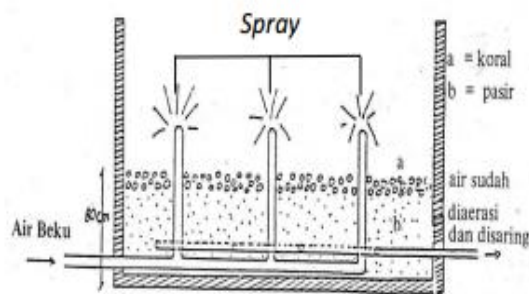
Gambar 2.2 Multiple Tray Aerator
Sumber : (Said, 2018)

2.6.2 Spray Aerator

Aerator jenis ini terdiri atas lubang-lubang semprot di sepanjang pipa atau sisi-sisi dari alat pendistribusian pipa, pada saat air disemprotkan ke udara seperti air mancur. Waktu yang dibutuhkan untuk tiap tetes semprot tergantung pada kecepatan awal dan laju aliran. Ukuran tetesan sebagai perbandingan area dan volume merupakan gerak dispersi celah-celah semprotnya. Desain lubang semprot sangat penting untuk mendapatkan dispersi air yang optimum. Lubang semprot mengubah bentuk air dari yang berpenampang jelas sampai pada gerak memutar (Arifin, 1992).

Penggunaan metode *spray aerator* untuk menurunkan kadar Fe dan Mn dilakukan dengan cara mengkontakkan udara (oksigen) pada air dengan cara menyemburkan ke udara sehingga logam berat yang pada air dapat terikat dengan oksigen sehingga mengendap. Aerator dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) dalam air baku yang berfungsi menurunkan kadar Fe, mangan, bahan organik,

dan ammonia sehingga dapat membuat kualitas air menjadi layak pakai (Harimu et al., 2020).



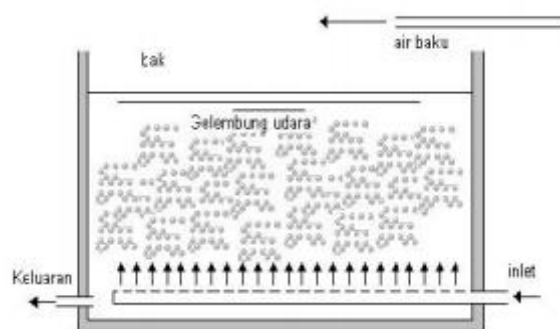
Gambar 2.3 *Spray Aerator*

Sumber : (Said, 2018)

2.6.3 *Bubble Aerator*

Penggunaan aerator gelembung dalam menurunkan kadar Fe pada air tidak memerlukan banyak gelembung, hanya dibutuhkan sekitar $0,3 - 0,5 \text{ m}^3$ udara/ m^3 air. Volume ini dapat dinaikkan atau diturunkan melalui penyedotan udara yang terdapat pada alat. Dalam penggunaan alat ini udara disemprotkan melalui dasar bak air yang akan di aerasi (Agustina, 2019).

Penggunaan metode aerasi menggunakan *bubble aerator* secara teknis pembuatannya cukup sederhana, dengan biaya cukup mahal dan mudah dilaksanakan, yaitu dengan memasukan udara melalui mesin aerator pada air di dalam bak aerasi yang dapat dibeli secara langsung di toko dan praktis dalam penggunaan (Mubarak, 2016).



Gambar 2.4 *Bubble Aerator*

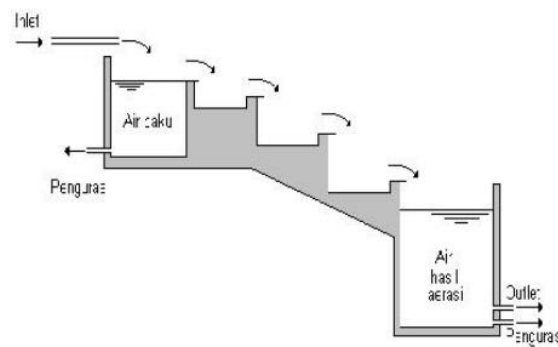
Sumber : (Said, 2018)

2.6.4 *Cascade Aerator*

Cascade aerator merupakan salah satu dari tipe *gravity aerator* yaitu jenis aerasi yang cara kerjanya berdasarkan gaya gravitasi. Air yang akan diaerasi akan

mengalir secara gravitasi karena beda ketinggian dari step satu ke step yang lain. Pada aerator ini air dijatuhkan ke permukaan serial undakan untuk menghasilkan turbulensi dan menimbulkan percik air sehingga pada tiap step akan terjadi kontak antara Mn dalam air dengan oksigen sehingga terjadi reaksi oksidasi. Proses aerasi akan semakin efektif apabila ukuran butir airnya semakin kecil dan semakin banyak step, maka reaksi oksidasi akan berjalan dengan lebih sempurna. Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step, setiap step kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira $0,01 \text{ m}^3/\text{detik per m}^2$, untuk menambahkan putaran (turbulen) guna menaikkan efisiensi aerasi. Metode *cascade aerator* ini mampu menaikkan oksigen 60-80% dari jumlah oksigen yang tertinggi pada air. *Cascade aerator* sebanyak 7 step dengan luas $1,8 \text{ m}^2$ dan kemiringan 30° memiliki efektivitas lebih baik dibandingkan dengan luas $1,4 \text{ m}^2$ dan kemiringan 45° . Semakin luas undakannya semakin tinggi efisiensinya dan semakin banyak jumlah step-nya semakin tinggi juga efisiensinya (Sutrisno & Fuadatul Azkiyah, 2014).

Cascade aerator teknis pembuatannya cukup sederhana dengan biaya tidak terlalu mahal dan mudah dilaksanakan, yaitu air dilewatkan pada susunan penampang bertingkat secara gravitasi. Keuntungan *cascade aerator* adalah alatnya yang sederhana dan mudah diaplikasikan serta mudah dalam perawatan. Namun salah satu kelemahannya adalah membutuhkan lahan yang cukup luas (Hastutiningrum et al., 2015). Penurunan kadar besi (Fe) setelah dilakukan aerasi selama 30 menit menggunakan *bubble aerator* dengan volume udara yang dihasilkan sebesar 8 L/menit, didapatkan efisien sebesar 90,5% yaitu menurunkan kadar besi (Fe) dari 3,9 mg/L menjadi 0,37 mg/L dan metode *cascade aerator* kadar Fe sebelum dilakukan proses aerasi sebesar 4,41 mg/L, setelah dilakukan proses aerasi turun menjadi 0,58 mg/L dan menggunakan metode *bubble aerator* kadar Fe sebelum dilakukan proses aerasi sebesar 4,41 mg/L, setelah dilakukan proses aerasi turun menjadi 0,74 mg/L, dari proses aerasi menggunakan *cascade aerator* dan *bubble aerator* disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan efektifitas yang bermakna antara metode *cascade aerator* dan *bubble aerator* dalam menurunkan kadar Fe dalam air sumur gali (Mubarak, 2016).



Gambar 2.5 *Cascade Aerator*

Sumber : (Said, 2018)

2.7 Kondisi Wilayah Sungai Itik

Sungai Itik secara administratif berada pada Desa Sungai Itik, Kecamatan Sungai Kakap, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. Sungai tersebut melewati tata guna lahan seperti untuk pemukiman penduduk, perkebunan (kelapa dan pisang), dan pertanian (padi). Selain itu, pada badan sungai terdapat tambak budidaya ikan milik masyarakat. Jenis tanah pada wilayah tersebut yaitu aluvial yang memiliki keasaman tanah yang tinggi. Potensi banyaknya bahan pencemar non organik dan organik (pH, C-organik, nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium) ke badan sungai pasti terjadi karena disebabkan oleh pemberian pupuk dan pakan ikan (Laksono, 2021). Hal tersebut berdampak pada kualitas air sungai menjadi sangat kurang baik dan tercemar, dapat dilihat dengan kondisi fisik air sungai yang mempunyai warna, keruh dan bau.

