

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Sumber Air Bersih

Untuk memenuhi kebutuhan air bersih, kita tidak lepas dari sumber air tersebut berasal. Air di alam yang dapat dimanfaatkan terdiri dari:

1. Air hujan
2. Air permukaan (air sungai, air danau, mata air)
3. Air tanah
4. Air laut

Sumber air baku tersebut mempunyai hubungan satu sama lain yang merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi yang disebut siklus hidrologi. Air di permukaan tanah dan laut menguap ke udara, uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff* mengisi cekungan tanah, danau dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi (Triatmodjo, Bambang, 2008).

B. Definisi dan Klasifikasi Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai, sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Sungai sebagai wadah air mengalir selalu berada di

posisi paling rendah dalam lanskap bumi, sehingga kondisi sungai tidak dapat dipisahkan dari kondisi daerah aliran sungai.

Keberadaan sungai dapat memberikan manfaat baik pada kehidupan manusia maupun pada alam. Manfaat atas keberadaan sungai ini dikenal dengan fungsi sungai. Fungsi sungai terhadap kehidupan manusia antara lain sebagai penyedia air dan wadah air untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, sanitasi lingkungan, pertanian, industri, pariwisata, olah raga, pertahanan, perikanan, pembangkit tenaga listrik, transportasi, dan kebutuhan lainnya. Sedangkan fungsi sungai terhadap alam antara lain sebagai pemulih kualitas air, penyalur banjir, dan sebagai habitat ekosistem flora dan fauna (PP Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai).

Karakteristik sungai berdasarkan sifat alirannya, dapat dibedakan menjadi 3 macam tipe (Mulyanto, 2007 dalam Agustiniingsih, D. 2012), yaitu:

1. Sungai Permanen/*Perennial*, yaitu sungai yang mengalirkan air sepanjang tahun dengan debit yang relatif tetap. Dengan demikian antara musim penghujan dan musim kemarau tidak terdapat perbedaan aliran yang mencolok.
2. Sungai Musiman/*Periodik/Intermitten*: yaitu sungai yang aliran airnya tergantung pada musim. Pada musim penghujan ada alirannya dan musim kemarau sungai kering. Berdasarkan sumber airnya sungai *intermitten* dibedakan:
 - a. *Spring fed intermitten river* yaitu sungai *intermitten* yang sumber airnya berasal dari air tanah.
 - b. *Surface fed intermitten river* yaitu sungai *intermitten* yang sumber airnya berasal dari curah hujan atau pencairan es.
3. Sungai Tidak Permanen/*Ephemeral*: yaitu sungai tadah hujan yang mengalirkan airnya sesaat setelah terjadi hujan. Karena sumber airnya berasal dari curah hujan maka pada waktu tidak hujan sungai tersebut tidak mengalirkan air.

C. Kualitas Air

Posisi sungai yang berada paling rendah dalam lanskap bumi sehingga menjadikan kualitas air sungai dipengaruhi oleh kualitas pasokan air yang berasal dari daerah sekitar sungai/daerah tangkapan airnya. Kualitas pasokan air yang

berasal dari daerah tangkapan dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang ada di dalamnya (Wiwoho, 2005 dalam Agustiningsih, D. 2012).

Perubahan kondisi kualitas air pada aliran sungai merupakan dampak dari buangan dari penggunaan lahan yang ada (Tafangenyasha dan Dzinomwa, 2005 dalam Agustiningsih, D. 2012). Daerah hulu dengan pola pemanfaatan lahan yang relatif seragam, mempunyai kualitas air yang lebih baik dari daerah hilir dengan pola penggunaan lahan yang beragam. Semakin kecil tutupan hutan dalam sub DAS serta semakin beragamnya jenis penggunaan lahan dalam sub DAS menyebabkan kondisi kualitas air sungai yang semakin buruk, terutama akibat adanya aktivitas pertanian dan pemukiman (Supangat, 2008 dalam Agustiningsih, D. 2012).

Kualitas air sungai merupakan kondisi kualitatif yang diukur berdasarkan parameter tertentu dan dengan metode tertentu sesuai peraturan perundangan yang berlaku. Kualitas air sungai dapat dinyatakan dengan parameter yang menggambarkan kualitas air tersebut. Parameter tersebut meliputi parameter fisika, kimia dan biologi (Asdak, 2010 dalam Agustiningsih, D. 2012).

Parameter fisika kualitas air menggambarkan kondisi yang dapat dilihat secara visual/kasat mata yang meliputi kekeruhan, suhu, kandungan padatan terlarut, rasa, bau, warna dan sebagainya. Parameter kimia meliputi derajat keasaman (pH), oksigen terlarut DO, BOD, COD, kandungan logam, kesadahan dan sebagainya. Parameter biologi meliputi kandungan mikroorganisme dalam air (Asdak, 2010 dalam Agustiningsih, D. 2012).

Parameter-parameter kualitas air sungai dapat berubah berdasarkan kondisi alami maupun adanya aktivitas antropogenik. Aktivitas antropogenik yang mempengaruhi kualitas air sungai berasal dari perubahan pola pemanfaatan lahan, kegiatan pertanian, permukiman serta industri. Kegiatan pertanian dan permukiman pada dasarnya merubah bentang alam melalui pengolahan tanah, sehingga akan mempengaruhi kualitas air sungai (Asdak, 2010 dalam Agustiningsih, D. 2012).

Semakin ke arah hilir DAS, parameter fisik kekeruhan menunjukkan adanya pengaruh semakin keruh akibat semakin bervariasinya penggunaan lahan. Penggunaan lahan berupa tegalan, sawah dan permukiman paling memberikan pengaruh terhadap kekeruhan sungai. Begitu juga dengan parameter BOD dan COD, semakin beragamnya penggunaan lahan maka kandungan BOD dan COD

dalam air semakin tinggi (Supangat, 2008 dalam Agustiningsih, D. 2012). Hal ini disebabkan semakin tingginya konsentrasi bahan organik dalam air yang berasal dari kegiatan pertanian dan domestik. Menurut Yetti et al (2011) dalam Agustiningsih, D. (2012) yang melakukan penelitian kualitas air sungai di kawasan DAS Brantas, parameter kualitas air BOD dan COD merupakan indikator banyaknya limbah organik yang mencemari air sungai di Kawasan DAS Brantas yang berasal dari aktivitas masyarakat yang berlangsung di sepanjang sungai yang menggunakan sungai sebagai tempat MCK dan pembuangan limbah rumah tangga.

Konsentrasi nitrat dan sulfat dalam aliran air sungai menunjukkan korelasi positif dengan muatan buangan yang berasal dari air limbah pemeliharaan tanaman dan areal pertanian (*non point source pollutant*) (Meynendonckx et al., 2006 dalam Agustiningsih, D. 2012). Menurut Runtuuwu et al (2010) dalam Agustiningsih, D. (2012) di daerah-daerah dengan jumlah penduduk yang besar maka konsentrasi nitrat (NO₃) di perairan akan semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi NO₃ dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang menghasilkan limbah domestik dan pertanian.

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan manusia yang sangat penting, karena air digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk bertahan hidup. Sehingga, untuk memperoleh air bersih memerlukan sumber air bersih dari permukaan dan air tanah. Tetapi tidak semua air baku dapat dikonsumsi, hanya air baku yang memenuhi syarat kualitas air bersih yang dapat dimanfaatkan (Sofiah, 2016).

Berdasarkan peraturan menteri kesehatan republik indonesia nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang syarat dan pengawasan kualitas air, maka parameter untuk kualitas air bersih pada Tabel 2.1.

Tabel 3.1 Daftar persyaratan kualitas air bersih

No	Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	Bau			Tidak berbau
2	Rasa			Tidak berasa
3	Warna	Skala TCU	15	Jernih
4	Suhu	°C	± 3 °C	Suhu Udara
6	Kekeruhan	NTU	5	Maksimum
8	pH		6,5-8,5	

Sumber: Menteri Kesehatan Republik Indonesia (2010)

D. Kriteria Baku Mutu Air

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air (PP Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air). Baku mutu air digunakan sebagai tolok ukur terjadinya pencemaran air. Selain itu dapat digunakan sebagai instrumen untuk mengendalikan kegiatan yang membuang air limbahnya ke sungai agar memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan sehingga kualitas air tetap terjaga pada kondisi alamiahnya.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi mutu air digolongkan menjadi 4 (empat) kelas dimana pembagian kelas ini didasarkan pada tingkatan baiknya mutu air dan kemungkinan kegunaannya bagi suatu peruntukkan (*designated beneficial water uses*). Klasifikasi mutu air tersebut yaitu:

1. Kelas Satu : Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas Dua : Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian dan atau peruntukkan lain yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas Tiga : Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian dan atau peruntukkan lain yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas Empat : Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukkan lain yang sama dengan kegunaan tersebut

E. Pengertian Koagulasi dan Flokulasi

Salah satu proses kimiawi untuk meningkatkan efisiensi unit sedimentasi dalam pengolahan air adalah koagulasi dan flokulasi. Proses koagulasi dan flokulasi

diperlukan untuk memisahkan padatan terlarut atau suspended solid karena secara alami laju pengendapan suspended solid sangat lambat. Koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid dengan menetralkan muatan dari koloid. Umumnya berupa penambahan bahan kimia bersamaan dengan energi mixing tinggi dan flok yang dihasilkan halus. Waktu yang terjadi dalam proses koagulasi sangat cepat dan umumnya dalam hitungan detik (Sugiarto, 2007 dalam Sofiah, 2016). Proses koagulasi perlu dilakukan apabila kekeruhan air melebihi 30 – 50 NTU (Pulungan, 2012 dalam Sofiah, 2016).

Proses koagulasi berfungsi untuk menetralkan atau mengurangi muatan negatif pada partikel sehingga memungkinkan gaya tarik van der Waals untuk mendorong terjadinya agregasi koloid dan zat-zat tersuspensi halus untuk membentuk microfloc. Reaksi-reaksi koagulasi biasanya tidak tuntas dan berbagai reaksi-reaksi samping lainnya dengan zat-zat yang ada dalam air dapat terjadi bergantung pada karakteristik air tersebut dan akan terus berubah seiring berjalannya waktu (Kristijarti dkk, 2013).

Semua reaksi dan mekanisme yang terlibat dalam pendestabilisasian partikel dan pembentukan partikel yang lebih besar melalui flokulasi perikinetik termasuk sebagai koagulasi. Koagulan adalah bahan kimia yang ditambahkan untuk mendestabilisasi partikel koloid dalam air agar flok dapat terbentuk. Flokulasi adalah proses berkumpulnya partikel-partikel flok mikro membentuk aglomerasi besar melalui pengadukan fisis atau melalui aksi pengikatan oleh flokulan. Flokulan adalah bahan kimiawi, biasanya organik, yang ditambahkan untuk meningkatkan proses flokulasi (Kristijarti dkk, 2013).

1. Proses Koagulasi-Flokulasi

Pada proses koagulasi-flokulasi dilakukan penambahan reagen kimia agar terbentuk flok pada air atau limbah untuk menggabungkan padatan koloid yang tidak dapat mengendap dan padatan tersuspensi yang mengendap dengan lambat untuk menghasilkan pengendapan flok dengan cepat yang selanjutnya flok dipisahkan dengan cara sedimentasi. (Tom. D. Reynold, 1982 dalam Elykurniati, 2010)

Proses koagulasi-flokulasi berlangsung dalam dua tahap yaitu proses pengadukan cepat dan proses pengadukan lambat.

a. Proses Pengadukan Cepat

Proses pengadukan cepat dimaksudkan untuk meratakan campuran antara koagulan dengan air buangan sehingga diperoleh suatu kondisi campuran yang homogen. Molekul-molekul serta partikel-partikel yang bermuatan negatif dalam air seperti koloid akan terlihat oleh molekul-molekul serta ion-ion yang bermuatan positif dari koagulan. Dalam proses pengadukan cepat diperlukan tenaga yang kuat dan waktu pengadukan yang cepat karena hidrolisa koagulasi terjadi sangat cepat dan destabilisasi partikel dalam waktu yang cepat. Waktu yang diperlukan untuk pengadukan cepat antara 1-5 menit, sedangkan gradien kecepatan $> 300 \text{ det}^{-1}$ (AWWA, 1964 dalam Elykurniati, 2010)

b. Proses Pengadukan Lambat

Proses pengadukan lambat bertujuan untuk mendapatkan partikel-partikel flokulan yang lebih besar dan lebih berat sehingga dapat mempercepat proses pengendapan. Waktu yang diperlukan untuk pengadukan lambat antara 10-30 menit, sedangkan gradien kecepatan 5-100 det^{-1} (AWWA, 1964 dalam Elykurniati, 2010)

Proses koagulasi dan flokulasi yang optimum banyak dipengaruhi beberapa faktor, adapun faktor yang mempengaruhi sebagai berikut;

1. Kualitas Air

Kebutuhan koagulan tergantung pada kekeruhan. Kekeruhan yang tinggi dapat menyebabkan proses koagulasi menjadi lebih efektif, tetapi penambahan koagulan tidak selalu berkorelasi linier terhadap kekeruhan (Rosariawari, Tanpa Tahun dalam Sofiah, 2016).

2. Kuantitas dan Karakteristik Air

Ukuran partikel yang tidak seragam jauh lebih mudah untuk dikoagulasi. Hal ini karena pusat aktif lebih mudah terbentuk pada partikel kecil, sedangkan partikel yang besar mempercepat terjadinya pengendapan. Kombinasi dari kedua jenis partikel ini menyebabkan semakin mudahnya proses koagulasi (Rosariawari, Tanpa Tahun dalam Sofiah, 2016)

3. Pengaruh pH

Pemilihan pH yang tepat akan mengakibatkan dosis koagulan yang digunakan untuk memperoleh limbah yang optimum adalah kecil. Hal ini disebabkan oleh sifat kimia koagulan yang sangat tergantung pada pH. Adanya batasan nilai pH terjadi karena pengaruh jenis koagulan yang dipakai dan reaksi koagulan dalam air dalam menentukan konsentrasi koagulan yang digunakan. Kesalahan pengoperasian dalam menentukan range pH akan mengakibatkan pemborosan bahan kimia dan mengakibatkan kualitas yang rendah dalam pengolahan air limbah (Rosariawari, Tanpa Tahun dalam Sofiah, 2016).

Apabila pH ini tinggi maka koagulasi akan berjalan lambat. Jadi proses koagulasi akan sempurna pada pH 6-9 sesuai dengan standart. Untuk proses koagulasi pH terbaik adalah berkisar 7,0 (pH netral)

4. Kecepatan Putaran dan Waktu

Kecepatan putaran sangat berhubungan dengan proses pencampuran koagulan kedalam air, proses destabilisasi partikel dan perpindahan serta penggabungan presipitat yang terbentuk menjadi flok-flok. Waktu pengadukan juga sangat berpengaruh karena berhubungan dengan waktu yang dibutuhkan presipitat saling bertumbukan satu sama lain sehingga cukup untuk membentuk flok dengan kualitas terbaik (Rosariawari, Tanpa Tahun dalam Sofiah, 2016).

5. Temperatur

Temperatur yang rendah memberikan efek yang merugikan terhadap efisiensi semua proses pengolahan. Semakin rendah temperatur membutuhkan waktu semakin lama karena mempengaruhi pembentukan flok-flok supaya cepat mengendap di bak pengendap (Rosariawari, Tanpa Tahun dalam Sofiah, 2016).

F. Koagulan

Dalam penelitian ini menggunakan satu jenis koagulan, yaitu Alumunium Sulphate (tawas). Secara umum koagulan berfungsi untuk mengurangi kekeruhan akibat adanya partikel koloid anorganik maupun organik, mengurangi warna yang diakibatkan oleh partikel koloid di dalam air dan mengurangi rasa dan bau yang diakibatkan oleh partikel koloid di dalam air.

Tawas atau alumunium sulphate merupakan bahan koagulan yang paling banyak digunakan karena bahan ini paling ekonomis, mudah diperoleh di pasaran serta mudah penyimpanannya. Alumunium sulfat digunakan secara luas dalam industri kimia, alumunium sulfat banyak digunakan sebagai koagulan dalam proses pengolahan air bersih, pengolahan air limbah dan juga digunakan dalam pembuatan kertas untuk meningkatkan ketahanan dan penyerapan tinta. Jumlah pemakaian tawas tergantung kepada turbiditas (kekeruhan) air baku. Semakin tinggi kekeruhan air baku maka semakin besar jumlah tawas yang dibutuhkan. Penggunaan tawas juga tidak terlepas dari sifat-sifat kimia yang dikandung oleh air baku tersebut (Pulungan, 2012 dalam Sofiah, 2016).

Untuk mengestimasi dosis tawas yang diperlukan, didasarkan pada penelitiann sebelumnya Ayundyahrini, M., & Gamayanti, N. (2013) dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3.2 Hasil estimasi dosis tawas

Kondisi	Masukan		Keluaran dosis tawas (ppm)		Selisih
	Kekeruhan (NTU)	pH	PDAM	GA	
Musim penghujan					
Gol. Kekeruhan Kecil	41.6	7.56	46.70	51.2576	4.5576
	50.8	7.61	56.70	56.5889	0.1110
	57.3	7.41	55.00	57.9831	2.9831
	82.13	7.54	71.67	72.3290	0.6590
	89.96	7,67	81.25	77.9985	32.5150
Gol. Kekeruhan Sedang	94	7.42	78.30	75.6502	26.4980
	101.2	7.59	79.17	78.3924	0.7776
	121	7.56	78.30	81.9004	3.6004
	140	7.65	90.40	86.6054	3.7946
	167	7.6	94.20	92.2958	1.9042
Gol. Kekeruhan Tinggi	174.3	7.51	102.90	98.5970	4.3030
	181.1	7.54	100.00	99.3982	0.6018
	276	7.4	103.00	99.8820	3.1180
	347.6	7.72	111.30	108.6890	2.6110
	380,2	7.49	105.40	105.3340	0.0660

Sumber: Jurnal dengan judul *Estimasi Dosis Alumunium Sulfat pada Proses Penjernihan Air Menggunakan Metode Genetic Algorithm*

Berdasarkan tabel di atas, dosis tawas 100 ppm digunakan pada kondisi musim penghujan dan termasuk golongan kekeruhan tinggi 181,1 NTU dan pH

7,54. Semakin tinggi kekeruhan semakin tinggi juga penggunaan tawas, tetapi berdasarkan tabel kekeruhan sangat tinggi sampai 380,2 NTU penggunaan tawas hanya berkisaran ± 100 ppm.

G. Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut (Reynold, 1982 dalam Saputri, A. W. 2011). Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah:

1. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
2. Pengendapan air yang telah melalui proses koagulasi dan flokulasi sebelum memasuki unit saringan pasir cepat.
3. Pengendapan air yang telah melalui proses koagulasi dan flokulasi pada instalasi yang menggunakan sistem pelunakan air oleh kapur-soda.
4. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

Menurut Coe dan Clevenger (1916), yang kemudian dikembangkan oleh Camp (1946) dan Fitch (1956) dan dikutip dari Reynold (1982) dalam Saputri, A. W. (2011), pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi bisa dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Penjelasan mengenai keempat jenis pengendapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pengendapan Tipe I, *Free Settling*

Pengendapan Tipe I adalah pengendapan dari partikel diskrit yang bukan merupakan flok pada suatu suspensi. Partikel terendapkan sebagai unit terpisah dan tidak terlihat flokulasi dan interaksi antara partikel-partikel tersebut. Contoh pengendapan tipe I adalah prasedimentasi dan pengendapan pasir pada *grit chamber*.

2. Pengendapan tipe II, *Flocculent Settling*

Pengendapan tipe II adalah pengendapan dari partikel-partikel yang berupa flok pada suatu suspensi. Partikel-partikel tersebut akan membentuk

flok selama pengendapan terjadi sehingga ukurannya akan membesar dan mengendap dengan laju yang lebih cepat contoh pengendapan tipe ini adalah pengendapan primer pada air buangan dan pengendapan pada air yang telah melalui proses koagulasi dan flokulasi.

3. Pengendapan tipe III, *Zone/Hindered Settling*

Pengendapan tipe ini adalah pengendapan dari partikel dengan konsentrasi sedang, dimana partikel-partikel tersebut sangat berdekatan sehingga gaya antar partikel mencegah pengendapan dari partikel di sekelilingnya. Partikel-partikel tersebut berada pada posisi yang tetap satu sama lain dan semua mengendap dengan kecepatan konstan. Sebagai hasilnya massa partikel mengendap dalam satu zona. Pada bagian atas dari massa yang mengendap akan terdapat batasan yang jelas antara padatan dan cairan.

4. Pengendapan tipe IV, *Compressing Settling*

Pengendapan tipe ini adalah pengendapan dari partikel yang memiliki konsentrasi tinggi dimana partikel-partikel bersentuhan satu sama lain dan pengendapan bisa terjadi hanya dengan melakukan kompresi terhadap massa tersebut

Bak sedimentasi yang ideal dibagi menjadi 4 zona yaitu *inlet*, zona *outlet*, zona lumpur, dan zona pengendapan. Ada 3 bentuk dasar dari bak pengendap yaitu *rectangle*, *circular*, dan *square*. Ada beberapa cara untuk meningkatkan performa dari proses sedimentasi, antara lain:

1. Peralatan aliran laminar yang meningkatkan performa dengan membuat kondisi aliran mendekati kondisi ideal. Alat yang digunakan antara lain berupa *tube settler* ataupun *plate settler* yang dipasang pada outlet bak. Alat tersebut meningkatkan penghilangan padatan karena jarak pengendapan ke zona lumpur berkurang, sehingga *surface loading rate* berkurang dan padatan mengendap lebih cepat (Qasim, Motley, & Zhu, 2000 dalam Saputri, A. W. 2011)
2. Peralatan *solid-contact* yang didesain untuk meningkatkan efisiensi flokulasi dan kesempatan yang lebih besar untuk partikel berkontak dengan *sludge blanket* sehingga memungkinkan pembentukan flok yang lebih besar

H. Filtrasi

Filtrasi adalah proses pemisahan padatan dan larutan, dimana larutan tersebut dilewatkan melalui suatu media berpori atau materi berpori lainnya untuk menyisihkan partikel tersuspensi yang sangat halus sebanyak mungkin. Proses ini digunakan pada instalasi pengolahan air minum untuk menyaring air yang telah dikoagulasi dan di endapkan untuk menghasilkan air minum dengan kualitas yang baik (Saputri, A. W. 2011).

Filtrasi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis filter, antara lain: saringan pasir lambat, saringan pasir cepat bahkan dengan menggunakan teknologi membran. Pada pengolahan air minum umumnya dipergunakan saringan pasir cepat, karena filter jenis ini memiliki debit pengolahan yang cukup besar, penggunaan lahan yang tidak terlalu besar, biaya operasi dan pemeliharaan yang cukup rendah dan tentunya kemudahan dalam pengoperasian dan pemeliharaan (Saputri, A. W. 2011).

I. Filter Mekanis/Fisik

Filter Mekanis/Fisik Sesuai dengan namanya, filter ini bekerjanya secara mekanis sehingga fungsinya hanya menyaring kotoran, sisa pakan, debu, dan koloid yang berada di dalam air budidaya. Material filter mekanis adalah spons, ijuk, atau serat kapas. Filter mekanis pada umumnya dapat dikonstruksikan, baik sebagai filter internal maupun filter eksternal. Dalam penggunaannya, filter ini perlu dicuci setiap periode waktu tertentu, misalnya dua hari atau seminggu sekali. Filter mekanis dapat digunakan sebagai prafilter, yaitu filter awal sebelum air masuk ke proses filter biologi atau kimia. Hal ini disebabkan partikel besar seperti debu dan koloid tidak dapat atau sulit terproses, baik secara kimia maupun biologi. Terdapat filter mekanis jenis tertentu apabila sudah lama pemakainnya akan dapat berfungsi sebagai filter biologi. (Priono, B., & Satyani, D., 2012)

Menurut Luluk Edahwati dan Suprihatin dalam Fitri, I. T., dkk (2013), debit yang terlalu cepat akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien. Sehingga proses penyaringan tidak dapat berjalan dengan sempurna akibat adanya aliran air yang terlalu cepat dalam melewati rongga diantara butiran media filter. Hal ini menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butiran media

filter dengan air yang disaring. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang didapatkan dalam Fitri, I. T., dkk (2013) yaitu semakin kecil debit maka efisiensi penyisihan TSS semakin tinggi. Selain itu, penyisihan yang baik pada roughing filter tercapai dengan baik saat kecepatan filtrasi rendah (Boller, 1993 dalam Fitri, I. T., dkk, 2013). Kecepatan filtrasi sebanding dengan nilai debit, dimana semakin kecil kecepatan filtrasi maka debit akan semakin kecil dan sebaliknya (Wegelin, 1996 dalam Fitri, I. T., dkk, 2013). Dengan kecepatan filtrasi rendah akan membantu tertahannya partikel secara gravitasi pada bagian atas media filter (AH Mahvi, 2001 dalam Fitri, I. T., dkk, 2013). Selama proses filtrasi berjalan flok yang terakumulasi menyebabkan ruangan antar partikel mengecil, kecepatan meningkat dan sebagian dari flok yang tertahan akan terbawa semakin dalam diantara media filter (Saputri, A. W. 2011).

Disisi lain, variasi ukuran media filter berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan TSS yang mana semakin kecil ukuran media filter (kasar = Θ 20-10 mm; medium = Θ 15-6 mm; dan halus = Θ 10-3 mm), efisiensi penyisihan TSS akan semakin besar. Menurut Wegelin (1996) dalam Fitri, I. T., dkk (2013) Penggunaan media filter yang lebih kecil dapat meningkatkan efisiensi penyaringan. Ukuran media filter yang kecil akan menyediakan total area permukaan lebih besar yang akan meningkatkan efisiensi penyisihan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nkwonta dan Ochieng (2010) dalam Fitri, I. T., dkk (2013) dimana efisiensi tertinggi dicapai pada ukuran media filter halus (Θ 12-2 mm) karena semakin kecil ukuran media filter maka celah diantara media juga akan semakin kecil sehingga area permukaan yang tersedia lebih besar untuk mengadsorpsi partikel padatan sehingga efisiensi penyisihan semakin meningkat. Selain itu menurut Edahwati dan Suprihatin dalam Fitri, I. T., dkk (2013), ukuran media filter berpengaruh pada porositas dan daya serap yang mana semakin kecil ukuran butiran, maka luas permukaannya makin besar juga, sehingga daya serapnya semakin besar.

J. Roughing Filter

Roughing Filter merupakan salah satu model dari pengendap dengan multi false bottom berupa kerikil yang dapat memisahkan partikel tersuspensi secara efektif (Wegelin, 1996 dalam Fitriani, N., & Hadi, W., 2010). Roughing filter

biasanya menggunakan kerikil dengan diameter yang berbeda-beda, pada bagian mukanya menggunakan kerikil dengan diameter besar, pada bagian berikutnya menggunakan kerikil dengan diameter yang lebih kecil, demikian seterusnya. Sehingga pada tiap bagian tersebut menyaring padatan dengan diameter yang berbeda – beda pula (Fitriani, N., & Hadi, W. 2010)

Roughing filter merupakan pengolahan pendahuluan untuk menurunkan kekeruhan air di mana air melewati bak dengan media yang kasar seperti kerikil atau gerabah. Roughing filter ini sudah dipakai lebih dari 25 negara di antaranya Argentina, Bolivia, Madagaskar, Ghana, India, Australia, dan sebagainya. Roughing filter kebanyakan digunakan sebagai pengolahan pendahuluan untuk meremoval partikel dalam jumlah besar dan lebih sulit untuk menafsirkan peningkatan efisiensi dari pengolahan berikutnya seperti filter lambat (Levine, et al., 1985 dalam Fitriani, N., & Hadi, W., 2010). Filter pasir lambat mengandung media dengan diameter 0,15 – 0,35 mm sementara roughing filter menggunakan media dengan ukuran lebih besar dari 2,0 mm. Ketika mengolah air dengan turbiditas yang tinggi, keuntungan slow sand filter adalah memiliki efisiensi yang tinggi dalam meremoval turbiditas dengan konsekuensi lebih sering terjadi clogging. Untuk meminimalisasi frekuensi pembersihan roughing filter dan memperlama masa operasi roughing filter, turbidity rata-rata air baku sebaiknya antara 20 – 150 NTU (Okun dan Schlutz, 1996). Roughing filter sangat efektif digunakan sebagai pengolahan air untuk menghilangkan partikel koloid tanpa penambahan bahan kimia (Fitriani, N., & Hadi, W. 2010).

K. Parameter Fisika dan Kimia

1. Kekeruhan

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan organik dan anorganik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain (APHA,1976; Davis dan Cornwell,1991 dalam buku Effendi, 2003). Nilai kekeruhan di perairan alami merupakan salah satu factor

terpenting untuk mengontrol produktivitasnya. Kekeruhan yang tinggi akan mempengaruhi penetrasi cahaya matahari oleh karenanya dapat membatasi proses fotosintesis sehingga produktivitas primer perairan cenderung akan berkurang (Wardoyo 1975 in Supartiwi 2000 dalam Wijaya, H. K. 2009). Kekeruhan di suatu sungai tidak sama sepanjang tahun. Air akan sangat keruh pada musim penghujan karena aliran air maksimum dan adanya erosi dari daratan.

2. Oksigen terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan salah satu unsur pokok pada proses metabolisme organisme, terutama untuk proses respirasi. Disamping itu juga dapat digunakan sebagai petunjuk kualitas air (Odum 1971 dalam Wijaya, H. K. 2009). Pada umumnya oksigen terlarut berasal dari difusi oksigen dari udara ke dalam air dan proses fotosintesis dari tumbuhan hijau (Wijaya, H. K. 2009). Kecepatan difusi oksigen dari udara, tergantung dari beberapa faktor, seperti kekeruhan air, suhu, salinitas, pergerakan massa air dan udara seperti arus, gelombang dan pasang surut (Salmin 2005). Pengurangan oksigen terlarut disebabkan oleh proses respirasi dan penguraian bahan-bahan organik. Berkurangnya oksigen terlarut berkaitan dengan banyaknya bahan-bahan organik dari limbah industri yang mengandung bahan-bahan yang tereduksi dan lainnya (Welch 1952 dalam Wijaya, H. K. 2009).

Sistem perairan mengalir umumnya mempunyai kandungan oksigen terlarut yang tinggi dan kandungan karbondioksida bebas yang rendah. Hal ini disebabkan oleh peran arus yang membantu dalam memberikan sumbangan oksigen (Hynes 1972 dalam Wijaya, H. K. 2009). Di perairan tawar, kandungan oksigen terlarut berkisar antara 8 mg/liter pada suhu 25° C. Kadar oksigen terlarut di perairan alami biasanya kurang dari 10 mg/liter (McNeely 1979 in Effendi 2003). Sachmitz (1971) in Lumbantobing (1996) dalam Wijaya, H. K. (2009) menggolongkan kualitas air di perairan mengalir menjadi lima golongan berdasarkan kandungan oksigen terlarut seperti yang terlihat dalam Tabel 3.2

Tabel 3.3 Penggolongan kualitas air berdasarkan kandungan oksigen terlarut

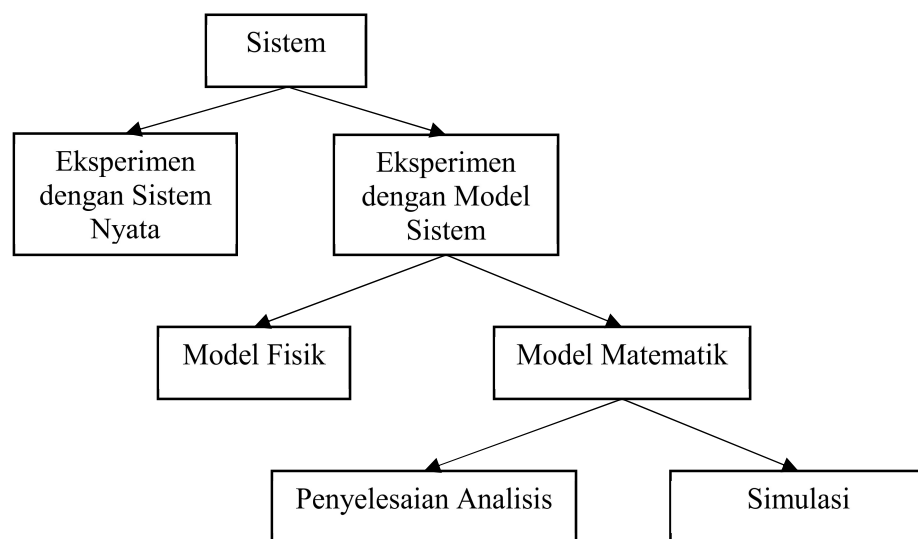
Golongan	Kandungan oksigen terlarut (ppm)	Kualitas air
I	> 8 atau perubahan terjadi dalam waktu pendek	Sangat baik
II	6,0	Baik
III	4,0	Kritis
IV	2,0	Buruk
V	<2,0	Sangat buruk

3. Derajat keasaman (pH)

Batas toleransi organisme terhadap pH bervariasi tergantung pada suhu, oksigen terlarut, dan kandungan garam-garam ionik suatu perairan. Kebanyakan perairan alami memiliki pH berkisar antara 6-9. Sebagian besar biota perairan sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7–8,5 (Effendi 2003). Nilai pH sangat menentukan dominansi fitoplankton. Pada umumnya alga biru lebih menyukai pH netral sampai basa dan respon pertumbuhan negatif terhadap asam ($\text{pH} < 6$), Chrysophyta umumnya pada kisaran pH 4,5–8,5, dan pada umumnya diatom pada kisaran pH yang netral akan mendukung keanekaragaman jenisnya (Weitzel 1979 dalam Wijaya, H. K. 2009).

L. Pemodelan

Model merupakan salah satu peran penting di bidang ilmu pengetahuan. Pemodelan dilakukan untuk menghemat waktu, biaya ataupun komoditi berharga lainnya. Pemodelan bisa juga dilakukan untuk menghindari resiko kerusakan sistem nyata. Phillips (1976) *in operation research* dalam Mananoma, T., & Soetopo, W. (2009), yang dimaksudkan dengan model adalah representasi sederhana dari sesuatu yang nyata. Dari pengertian ini menunjukkan bahwa model selalu tidak sempurna. Pemodelan dengan lingkungan nyata adakalanya terlalu rumit sehingga untuk memahaminya atau untuk mengkomunikasikan dengan orang lain diperlukan sebuah model yang representatif.



Gambar 3.1 Klasifikasi pemodelan sistem

Sumber: Law dan Kelton, 1991 *in* Mananoma, T., & Soetopo, W. (2009) .

Model fisik replika atau tiruan dilaksanakan dengan menirukan domain /ruang/daerah dimana fenomena atau peristiwa alam tersebut terjadi. Tiruan domain dapat lebih besar ataupun lebih kecil dibandingkan dengan keadaan nyata di alam. Kesesuaian dari model ini ditentukan oleh seberapa mungkin kesebangunan (geometris, kinematis, dan dinamis) di alam dapat ditirukan ke dalam model.

Model analog adalah model yang merepresentasikan proses pada sistem nyata dengan menggunakan benda lain yang memiliki sifat/prinsip yang sama. Benda yang digunakan dapat bersifat fisik, mekanik, ataupun listrik. Dapat dikatakan bahwa pada model analog replika/tiruan dilaksanakan dengan menganalogikan suatu fenomena/peristiwa alam dengan fenomena/peristiwa alam yang lain kemudian dibuatkan model fisiknya.

Model matematik adalah representasi ideal dari sistem nyata yang dijabarkan / dinyatakan dalam bentuk simbol dan pernyataan matematik. Dengan kata lain model matematik merepresentasikan sebuah sistem dalam bentuk hubungan kuantitatif dan logika, berupa suatu persamaan matematik. Pada model matematik replika/tiruan dari fenomena/peristiwa alam dideskripsikan melalui satu set persamaan matematik. Kecocokan model terhadap fenomena alam yang dideskripsikan tergantung dari ketepatan formulasi persamaan matematiknya.