

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hujan DAS

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses analisis hidrologi, karena kedalaman curah hujan (*rainfall depth*) yang turun dalam suatu DAS akan dialihragamkan menjadi aliran di sungai, baik melalui limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran antara (*interflow, sub-surface runoff*), maupun sebagai aliran air tanah (*groundwater flow*) (Sri Harto, 1993).

Proses pembentukan hujan terjadi karena tersedianya udara lembab yang biasanya terjadi karena adanya gerakan udara mendatar, terutama sekali yang berasal dari atas lautan, yang dapat mencapai ribuan kilometer. Untuk memperoleh besaran hujan yang dapat dianggap sebagai kedalaman hujan, diperlukan sejumlah stasiun hujan dengan pola penyebaran yang telah diatur oleh WMO (*World Meteorological Organisation*). Alat pengukur hujan terdiri dari dua jenis, yaitu alat ukur hujan biasa (*manual raingauge*) dan alat ukur hujan otomatis (*automatic raingauge*) (Sri Harto, 1993).

Pengukuran hujan di stasiun-stasiun hujan merupakan hujan titik (*point rainfall*), sedangkan informasi yang dibutuhkan dalam analisis adalah hujan yang terjadi dalam suatu DAS tertentu (*catchment rainfall*).

Untuk memperkirakan hujan rata-rata DAS dapat dilakukan dengan beberapa metode sebagai berikut ini (Chowdan Maidment, 1988; Sri Harto, 2000):

1. Cara rata-rata aljabar

2. Cara poligon thiessen
3. Cara isohiet

2.2. Syarat-syarat mutu air

Pemerintah lewat PP Nomor 82 Tahun 2001 telah menetapkan baku mutu kualitas air untuk berbagai jenis penggunaan air. Mutu air ditentukan antara lain oleh beberapa sifat fisik air seperti suhu, warna, kekeruhan air dan total dissolved solid (TDS); taraf keudaraan di dalam tubuh air yang diidentifikasi lewat beberapa sifat a.l. *dissolved oxygen* (DO) dan *chemical oxygen demand* (COD); taraf kehidupan mikroba air *biological oxygen demand* (BOD), dan juga atas dasar kandungan beberapa logam berat As, Hg, Cr, Pb.

Air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

2.2.1. Syarat kualitas air bersih

Syarat kualitas air bersih artinya air harus memenuhi syarat-syarat yang mencakup sifat fisika, kimia dan bakteriologi. Daftar persyaratan standar kualitas air bersih yang digunakan sesuai dengan SK Menteri Kesehatan RI No. 907/Menkes/SK/VII/2002.

a. Syarat - syarat fisika :

1. Bersih, jernih dan tidak berwarna,
2. Tidak berbau dan tidak berasa (tawar)

Kualitas air bersih yang baik adalah tidak berbau, karena bau ini dapat

ditimbulkan oleh pembusukan zat organik seperti bakteri serta kemungkinan akibat tidak langsung dari pencemaran lingkungan, terutama sistem sanitasi.

Kualitas air bersih yang baik adalah tidak berasa. Rasa dapat ditimbulkan karena adanya zat organik atau bakteri / unsur lain yang masuk ke badan air

3. Suhu air sebaiknya sejuk ($\pm 25^{\circ}\text{C}$)

Secara umum, kenaikan suhu perairan akan mengakibatkan kenaikan aktivitas biologi sehingga akan membentuk O_2 lebih banyak lagi. Kenaikan suhu perairan secara alamiah biasanya disebabkan oleh aktivitas penebaran vegetasi di sekitar sumber air tersebut, sehingga menyebabkan banyaknya cahaya matahari yang masuk tersebut mempengaruhi akuifer yang ada secara langsung atau tidak langsung (Chay, 1995).

4. Kekeruhan

Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan – bahan organik dan anorganik, kekeruhan juga dapat mewakili warna. Kekeruhan air dihubungkan dengan kemungkinan adanya pencemaran melalui buangan dan warna air tergantung pada warna buangan yang memasuki badan air. Bila kadar kekeruhan melebihi syarat batas, maka perlu dilakukan proses penjernihan dalam pengolahannya.

b. Syarat – syarat kimia

Air bersih tidak boleh mengandung racun, zat – zat mineral atau zat – zat kimia tertentu dalam jumlah yang melampaui batas yang telah ditentukan.

1. pH (derajat keasaman)

Penting dalam proses penjernihan air karena keasaman air pada umumnya disebabkan gas oksida yang larut dalam air terutama karbondioksida. Pengaruh yang menyangkut aspek kesehatan dari penyimpangan standar kualitas air minum dalam hal ini adalah pH yang lebih kecil 6,5 dan lebih besar dari 9,2 dimana hal ini dapat menyebabkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang sangat mengganggu kesehatan.

2. Kesadahan

Kesadahan ada dua macam yaitu kesadahan sementara dan kesadahan nonkarbonat (permanen). Kesadahan sementara akibat keberadaan Kalsium dan Magnesium bikarbonat yang dihilangkan dengan memanaskan air hingga mendidih atau menambahkan kapur dalam air. Kesadahan nonkarbonat (permanen) disebabkan oleh sulfat dan karbonat, Chlorida dan Nitrat dari Magnesium dan Kalsium disamping Besi dan Alumunium. Konsentrasi kalsium dalam air minum yang lebih rendah dari 75 mg/l dapat menyebabkan penyakit tulang rapuh, sedangkan konsentrasi yang lebih tinggi dari 200 mg/l dapat menyebabkan korosi pada pipa-pipa air. Dalam jumlah yang lebih kecil

magnesium dibutuhkan oleh tubuh untuk pertumbuhan tulang, akan tetapi dalam jumlah yang lebih besar 150 mg/l dapat menyebabkan rasa mual.

3. Arsen, bila melebihi batas merupakan racun pada hati dan saluran empedu melalui kontak dengan makanan.
4. Cyanida(CN), pada dosis tunggal 10 mg dan 3-5 mg/hari tidak menimbulkan gangguan begitu besar, tetapi untuk dosis tunggal 50 mg akan berakibat fatal.
5. Barium (Ba), dalam jumlah besar akan bersifat toksid pada hati, aliran darah dan system saraf.
6. Besi
Air yang mengandung banyak besi akan berwarna kuning dan menyebabkan rasa logam besi dalam air, serta menimbulkan korosi pada bahan yang terbuat dari metal. Besi merupakan salah satu unsur yang merupakan hasil pelapukan batuan induk yang banyak ditemukan diperairan umum. Batas maksimal yang terkandung didalam air adalah 1,0 mg/ liter.
7. Cadmium (Cd), dapat menimbulkan racun, batu ginjal, gangguan lambung, kerapuhan tulang, berkurangnya hemoglobin dan pigmentasi gigi pada manusia melalui makanan.
8. Timah hitam (Pb), bila melebihi batas akan menjadi racun, menyebar melalui makanan, air ataupun udara.
9. Flour, dibutuhkan untuk mencegah *caries* pada gigi, tetapi bila jumlahnya berlebihan akan memyebabkan fluorosis

10. Aluminium, batas maksimal yang terkandung didalam air menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 82/2001 yaitu 0,2 mg/l. Air yang mengandung banyak aluminium menyebabkan rasa yang tidak enak apabila dikonsumsi.
11. Merkuri (Hg), dapat menyebabkan racun pada sel – sel tubuh, merusak ginjal, hati dan syaraf. Pada bayi dapat menyebabkan keterbelakangan mental.
12. Perak (Ag), dapat menyebabkan penyakit agria, yaitu warna kulit berubah menjadi kelabu kebiruan. Perak juga dapat menimbulkan penyakit pada mata.
13. Sulfat, kandungan yang berlebihan dalam air dapat mengakibatkan kerak air yang keras pada alat merebus air (panci / ketel), serta dapat mengakibatkan bau dan korosi pada pipa.
14. Nitrat dan nitrit
Pencemaran air dari nitrat dan nitrit bersumber dari tanah dan tanaman. Nitrat dapat terjadi baik dari NO₂ atmosfer maupun dari pupuk-pupuk yang digunakan dan dari oksidasi NO₂ oleh bakteri dari kelompok Nitrobacter. Jumlah Nitrat yang lebih besar dalam usus cenderung untuk berubah menjadi Nitrit yang dapat bereaksi langsung dengan hemoglobine dalam darah membentuk methaemoglobine yang dapat menghalang perjalanan oksigendidalam tubuh.
15. Chlorida, dalam konsentrasi yang layak, tidak berbahaya bagi manusia.
Chlorida dalam jumlah kecil dibutuhkan untuk desinfektan namun apabila berlebihan dan berinteraksi dengan ion Na⁺ dapat menyebabkan rasa asin dan korosi pada pipa air.

16. Selenium (Se), dosis sebesar 3 – 4 mg/kg makanan dapat menyebabkan keracunan pada anak, kanker hati, ginjal dan limpa.
17. Kromium (Cr), dapat menyebabkan kerusakan pada tulang hidung dan dapat menimbulkan kanker pada paru-paru.
18. Zink (Zn), batas maksimal Zink yang terkandung dalam air adalah 15 mg/l. Penyimpangan terhadap standar kualitas ini menimbulkan rasa pahit, sepet dan rasa mual. Dalam jumlah kecil, Zink merupakan unsur yang penting untuk metabolisme, karena kekurangan Zink dapat menyebabkan hambatan pada pertumbuhan anak

c. Syarat – syarat biologis

Air bersih tidak boleh mengandung bakteri – bakteri penyakit (patogen) dan tidak boleh mengandung bakteri – bakteri golongan coli melebihi batas-batas yang telah ditentukan. Air yang mengandung golongan Coli dianggap telah terkontaminasi bakteri berbahaya.

2.2.2. Syarat kuantitas air bersih

Kebutuhan dasar air bersih adalah jumlah air bersih minimal yang perlu disediakan agar manusia dapat hidup secara layak yaitu dapat memperoleh air yang diperlukan untuk melakukan aktivitas dasar sehari-hari (Sunjaya Karsidi, 1999). Ditinjau dari segi kuantitasnya, kebutuhan air rumah tangga menurut Sunjaya adalah:

- a. Kebutuhan air untuk minum dan mengolah makanan 5 liter / orang / hari.

- b. Kebutuhan air untuk mandi dan membersihkan dirinya 25–30 liter / orang / hari.
- c. Kebutuhan air untuk mencuci pakaian dan peralatan 25 – 30 liter / orang / hari.
- d. Kebutuhan air untuk menunjang pengoperasian dan pemeliharaan fasilitas sanitasi atau pembuangan kotoran 4 – 6 liter / orang perhari, sehingga total pemakaian perorang adalah 60 – 70 liter / hari di kota. Banyaknya pemakaian air tiap harinya untuk setiap rumah tangga berlainan, selain pemakaian air tiap harinya tidak tetap banyak keperluan air bagi tiap orang atau setiap rumah tangga itu masih tergantung dari beberapa faktor diantaranya adalah pemakaian air di daerah panas akan lebih banyak dari pada di daerah dingin, kebiasaan hidup dalam rumah tangga misalnya ingin rumah dalam keadaan bersih selalu dengan mengepel lantai dan menyiram halaman, keadaan sosial rumah tangga semakin mampu atau semakin tinggi tingkat sosial kehidupannya semakin banyak menggunakan air serta pemakaian air dimusim panas akan lebih banyak dari pada dimusim hujan

Untuk memperhitungkan ketersediaan air bersih, digunakan debit minimum Sungai Tambak Bayan agar kebutuhan air bersih dapat terpenuhi sepanjang tahun.

2.3. Proses Pengolahan Air Bersih

Proses pengolahan air ini dapat dilakukan dengan dua cara :

- a. Pengolahan lengkap atau *complete treatment process* yaitu air akan mengalami pengolahan lengkap baik fisik, kimia, maupun bakteriologi bila kondisi tersebut tidak memenuhi syarat yang ditentukan.

Pengolahan lengkap dibagi menjadi tiga tingkatan :

1. Pengolahan fisik, yaitu pengolahan yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan kotoran-kotoran kasar, penyisihan lumpur dan pasir, serta mengurangi kadar zat-zat organik yang ada dalam air yang akan diolah
2. Pengolahan kimia, yaitu pengolahan dengan menggunakan zat-zat kimia untuk membantu proses pengolahan selanjutnya. Misalnya dengan pembubuhan tawas, kapur dan sebagainya
3. Pengolahan bakteriologi, yaitu pengolahan untuk mengurangi atau membunuh bakteri-bakteri yang terkandung dalam air dengan cara membubuhkan kaporit(zat desinfektan)

- b. Pengolahan sebagian atau *partial treatment process*, yaitu proses pengolahan yang diadakan pengolahan kimia dan atau pengolahan bakteriologi saja.

Beberapa cara proses pengolahan sebagian antara lain adalah sedimentasi (pengendapan), pembubuhan koagulan dan penyaringan.

2.3.1. Pengendapan

Pada prinsipnya, benda yang merupakan koloid atau partikel-partikel padat akan mengendap disebabkan gaya gravitasi. Setelah terjadi pengendapan, endapan tersebut dapat dipisahkan / dikeluarkan dari bak sedimentasi.

2.3.2. Pembubuhan koagulan

Koagulan adalah bahan kimia yang dibutuhkan untuk membantu proses pengendapan partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya / secara gravitasi. Pembubuhan koagulan harus sesuai dosis yang tepat. Bahan / zat kimia yang biasanya dipergunakan sebagai koagulan adalah *Aluminium Sulfat* atau tawas. Adapun cara menentukan dosis tawas adalah dengan cara tes bejana / *jar test*. *Jar test* adalah percobaan dengan menggunakan gelas-gelas beker untuk menentukan kadar optimum bahan koagulan (tawas) dalam proses penjernihan air menjadi air bersih. Pemberian tawas yang banyak belum tentu dapat menyebabkan air menjadi jernih.

2.3.3. Penyaringan

Penyaringan merupakan pengolahan yang bertujuan mengurangi / menghilangkan kotoran-kotoran kasar, menyisahkan lumpur dan pasir, serta mengurangi kadar zat-zat organik yang ada dalam air yang akan diolah. Dalam proses penjernihan air bersih, diketahui dua macam penyaringan, yaitu saringan pasir lambat dan saringan pasir cepat.

2.4. Proses Penurunan Kandungan Fe dan Mn

Penurunan kandunagn besi dan mangan dapat dilakukan dengan empat cara sebagai berikut :

2.4.1. Oksidasi

Oksidasi dapat dilakukan dengan menggunakan oksigen (aerasi), klorin, klordioksida, potassium permanganate, dan ozon.

a. Aerasi

Bertujuan menghilangkan rasa dan bau (yang disebabkan oleh hidrogen sulfide dan komponen organik) dengan oksidasi / volatilisasi, mengoksidasi Fe dan Mn, mentransfer O₂ ke dalam air dan membebaskan volatil gas dari dalam air. Tipe aerator ada empat macam, yaitu *gravity aerator*, *spray aerator*, *diffuser* dan *mechanical aerator*. *Gravity aerator* sendiri terbagi atas tiga jenis yaitu *cascade aerator*, *packing tower*, dan *tray aerator*.

b. Klorinasi

Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih cepat dari aerasi dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik adalah antara angka 8 – 8,3. Oksidasi besi membutuhkan waktu sekitar 15 – 30 menit. Jika dalam air baku mengandung ammonia, akan menyebabkan terbentuknya kloramin sehingga laju oksidasi akan berkurang. Keefektifan oksidasi dipengaruhi oleh kehadiran bahan organik (contohnya antara lain *humic acid* dan *fulvic acid*). Pada oksidasi besi, bahan organik menggunakan kebutuhan sebagian klorin dan dapat juga membentuk besi organik kompleks, sehingga member efek yang kurang baik pada proses oksidasi. Klorin mengoksidasi bahan organik *humic acid*

dan *fulvic acid* membentuk trihalomethan yang bersifat karsinogenik. Selama proses oksidasi klorin, sisa klorin harus dijaga samapi pada proses yang berikutnya untuk mencegah penurunan kondisi yang dapat menyebabkan terlarutnya kembali endapan. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis minimum sisa klor yang dianjurkan adalah 0,5 mg/ltr.

c. Klordioksida

Klordioksida adalah oksidan kuat yang secara efektif mengoksidasi Fe dan Mn yang berikatan dengan zat organik. Klordioksida merupakan gas yang tidak stabil dan mudah meledak. pH minimum yang diperlukan untuk reaksi oksidasi besi adalah 7. Secara teoritis, 1 mg/ltr klordioksida mampu mengoksidasi 0,83 mg/ltr besi dan 0,4 mg/ltr mangan. Penggunaan klordioksida lima kali lebih mahal dibandingkan dengan klorin

d. Potassium permanganat

Merupakan oksidan kuat dengan waktu oksidasi 5 - 10 menit pd pH 7,0. Secara teoritis 1 mg/l KMnO_4 mengoksidasi 1,06 mg/l besi dan 0,52 mg/l mangan. Proses oksidasi akan lebih efektif jika ada penambahan klorin sebelumnya. Penggunaan oksidan ini lebih mahal, namun tidak menghasilkan trihalomethan jika digunakan untuk mengoksidasi bahan organik.

e. Ozonisasi

Ozon dapat digunakan untuk mengoksidasi Fe & Mn dgn kecepatan oksidasi yg tinggi. Secara teoritis untuk mengoksidasi 2,3 mg/l Fe dan 1,15 mg/l mangan diperlukan 1mg/l ozon. Dosis ozon yang berlebih di reservoir akan membentuk pottasium permanganat yang menyebabkan air berwarna merah muda.

2.4.2. *Ion exchange*

Air baku yang mengandung besi dan mangan < 0,5 mg/l dpt diturunkan menggunakan *ion exchange*, selain itu unit ini juga mampu menghilangkan kesadahan. Proses ini sebaiknya pada kondisi anaerobik untuk menjaga elemen-elemen agar tidak teroksidasi. Proses ini biasanya digunakan dalam industri.

Kekurangannya :

- bahan kimia untuk regenerasi mahal, korosif, bahaya dan buangan sulit diolah.
- unit yg otomatis memerlukan perawatan ali dan unit yang tidak otomatis memerlukan operator yg terlatih dan perhatian yg serius.

2.4.3. *Mangan Zeolite Filtration*

Zeolit adalah pasir hijau dilapisi mangan. Setiap butir pasir dilapisi dengan asam-asam besi dan mangan. Tipe media filter ini adalah bentuk dari ion exchange yang biasa digunakan di industri. Proses ini membutuhkan penambahan potasium permanganat pada influent filter secara kontinyu, yang berfungsi untuk

mengoksidasi besi dan mangan serta berfungsi untuk regenerasi media filter. Dosis pottasium permanganat harus benar-benar tepat karena sisa pottasium permanganat menyebabkan air berwarna merah muda. Disisi lain, dosis yang tepat akan memungkinkan lolosnya mangan di effluen filter. Pada kasus pengolahan air tanah, zeolit lebih baik ditempatkan pada filter bertekanan daripada filter gravitasi karena untuk menjaga tekanan discharge dari pompa sumur. Perencanaan seperti ini menghemat biaya pemompaan dan backwash menggunakan air dari effluent filter lain.

2.4.4. *Sequestering Process*

Proses ini biasanya digunakan untuk air baku dengan kandungan Fe dan Mn < 2mg/l, termasuk kandungan sodium silica, trisodium phosphate, hexametaphosphat, dan zinc orthophosphat. Proses ini jarang digunakan untuk pengolahan air ukuran menengah sampai sistem penyediaan air domestik karena biaya besar.

2.4.5. *Lime Softening*

Besi dan mangan lebih efektif dihilangkan dengan proses pelunakan karena dapat membuat pH menjadi 9,5 yang merupakan kondisi yang baik untuk oksidasi Fe dan Mn. Berdasarkan hubungan pH dgn kelarutan 83% besi mengendap pada pH 8,4 dan pada pH 8,8 - 9,6 besi akan mengendap 92% - 100%. Mn akan mengendap maksimal pd Ph 9,4 - 9,8 sebanyak 98-100%. *Lime softening* akan lebih efisien jika didahului dengan proses aerasi.