

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air

1. Definisi air

Air adalah semua air yang terdapat di atas maupun di bawah permukaan tanah, termasuk air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang merupakan bagian terbesar di bumi ini.^(21,22)

Air bersih adalah air sehat yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari manusia dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak.⁽²³⁾

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.⁽⁹⁾

2. Sumber air

Sumber air dibedakan terdiri dari air atmosfer atau air hujan, air permukaan dan air tanah.⁽²⁴⁾

a. Air atmosfer, air meteorologi

Air atmosfer, air meteorologi dalam kehidupan sehari-hari dikenal sebagai air hujan. Air hujan sebelum dijadikan untuk sumber air minum dapat ditampung terlebih dahulu, tetapi tidak pada saat hujan turun pertama kalinya karena masih mengandung banyak kotoran yang disebabkan oleh kotoran – kotoran industri/debu dan lain sebagainya.^(1,5)

b. Air permukaan, air yang berada di permukaan bumi dapat berupa air sungai, air danau atau air rawa, air laut. Air permukaan seringkali merupakan sumber air yang paling tercemar, baik karena kegiatan manusia, flora, fauna dan zat-zat lainnya.

1) Air Sungai

Air sungai telah terkontaminasi atau kotor karena selama pengalirannya terkontaminasi oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota sehingga harus dilakukan proses pengolahan untuk dijadikan sumber air minum.^(1,5) Meskipun demikian, debit air sungai yang tersedia dapat mencukupi kebutuhan air minum pada umumnya.⁽²⁵⁾

2) Air Rawa

Air rawa kebanyakan berwarna kuning coklat yang disebabkan oleh adanya zat – zat organik yang telah membusuk, misalnya asam humus yang larut dalam air sehingga dalam pengambilan air dilakukan pada kedalaman tertentu di tengah-tengah.^(5,25)

3) Air laut

Air laut bersifat asin karena mengandung kadar garam NaCl yang melebihi syarat baku mutu sehingga tidak layak untuk dijadikan sumber air minum.^(5,25)

c. Air tanah, berasal dari air hujan yang jatuh di permukaan tanah atau bumi dan sebagian besar meresap ke dalam tanah melalui akar tanaman dan mengisi pori-pori/celah-celah dalam tanah serta bertahan pada lapisan tanah membentuk lapisan yang mengandung air tanah (aquifer).^(25,26) Sebelum mencapai lapisan tempat air tanah, air hujan akan menembus beberapa lapisan tanah dan menyebabkan terjadinya kesadahan pada air. Kesadahan pada air ini akan menyebabkan air mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi. Zat-zat mineral tersebut antara lain kalsium, magnesium, dan logam berat seperti besi dan mangan.

1) Air tanah dalam atau artesis, adalah air tanah yang letaknya pada setelah lapisan rapat air yang pertama.⁽²⁵⁾ Pengambilan air tanah dalam, tak semudah pada air tanah dangkal, oleh

karena itu harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamnya sehingga dalam suatu kedalaman akan didapatkan suatu lapis air. Kedalamannya dari permukaan tanah biasanya di atas 15 meter.⁽¹⁾

2) Air tanah dangkal, terjadi karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah, sehingga lapisan ini dekat dengan permukaan tanah.⁽⁵⁾ Dalamnya lapisan air ini dari permukaan tanah dari tempat satu dengan tempat lainnya berbeda-beda. Biasanya berkisar 5 sampai 15 meter dari permukaan tanah.⁽¹⁾

3) Mata Air

Mata air merupakan air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitas/ kuantitasnya sama dengan keadaan air dalam. Oleh karena itu, air dari mata air ini dapat langsung diminum jika belum tercemar oleh kotoran.⁽¹⁾ Namun alangkah baiknya jika air tersebut direbus dahulu.

3. Persyaratan Penyediaan air bersih dan air minum

Ada beberapa persyaratan utama yang harus dipenuhi dalam penyediaan air bersih dan minum yaitu antara lain persyaratan kualitatif, persyaratan kuantitatif, persyaratan kontinuitas, mudah diperoleh dan harga relatif murah.⁽¹¹⁾

a. Persyaratan kualitatif

Persyaratan kualitatif menggambarkan mutu atau kualitas dari air bersih dan air minum. Kualitas air harus memenuhi syarat kesehatan yang meliputi persyaratan mikrobiologi, fisika, kimia, dan radioaktif.⁽²⁾

1) Parameter fisika

Parameter fisik meliputi bau, kekeruhan, rasa, suhu, warna dan jumlah zat padat terlarut (TDS). Alat ukur yang digunakan adalah Spektrofotometer. Air yang baik idealnya tidak berbau,

tidak berwarna, tidak memiliki rasa atau tawar dan suhu untuk air minum idealnya $\pm 30^{\circ}\text{C}$ dan maksimum suhu yang diperolehkan $\pm 3^{\circ}\text{C}$.⁽²⁾ Padatan terlarut total (TDS) dengan bahan terlarut diameter $< 10^{-6}$ dan koloid (diameter $10^{-6} - 10^{-3}$ mm) yang berupa senyawa kimia dan bahan-bahan lain.⁽²⁷⁾

2) Parameter kimia

Parameter kimia dikelompokkan menjadi kimia an organik dapat berupa logam, zat reaktif, zat-zat berbahaya serta beracun serta derajat keasaman (pH) dan sedangkan kimia organik dapat berupa insektisida dan herbisida.⁽²⁾ Sumber logam dalam air dapat berasal dari industri, pertambangan ataupun proses pelapukan secara alamiah.

3) Parameter biologi

Air minum tidak boleh mengandung kuman-kuman patogen dan parasit seperti thypus, kolera, dysentri, dan gastroenteritis. Keberadaan bakteri *E. coli* dalam air dapat menjadi indikator pencemar air. Adanya *E. coli* pada air minum menandakan air tersebut telah terkontaminasi feses manusia dan mungkin juga mengandung patogen usus.⁽²⁸⁾ Kadar maksimum bakteri *E.coli* dan Total Bakteri Koliform dalam air minum maupun air bersih adalah 0/100 ml sampel.^(2,9)

Selain ketiga parameter tersebut, ada parameter radiologis. Air bersih maupun air minum tidak boleh mengandung bahan-bahan yang mengandung radioaktif, seperti sinar alfa, beta dan gamma.⁽¹¹⁾

b. Persyaratan kuantitatif

Persyaratan kuantitatif dalam penyediaan air bersih dapat ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia dapat memenuhi kebutuhan jumlah penduduk yang akan dilayani sedangkan penyediaan air minum yang dihasilkan paling sedikit dapat mencukupi kebutuhan pokok air minum sehari-hari

masyarakat.^(11,29) Persyaratan kuantitatif ini sangatlah dipengaruhi oleh jumlah air baku yang tersedia, serta kapasitas produksi instalasi pengolahan air.⁽¹¹⁾

c. Persyaratan kontinuitas

Persyaratan kontinuitas dalam penyediaan air bersih adalah air baku atau air bersih yang tersedia dan dapat diambil secara terus-menerus dengan debit yang relatif tetap baik pada musim kemarau atau musim hujan sedangkan kontinuitas pengaliran air minum dapat memberikan jaminan pengaliran selama 24 (dua puluh empat) jam per hari.^(11,29)

B. Besi

1. Kandungan besi dalam air

Keberadaan besi (Fe) dalam air tersedia dalam kondisi terlarut, fero (Fe^{2+}) dan tersuspensi, feri (Fe^{3+}). Hal ini tergantung kondisi pH dan oksigen terlarut dalam air. Adanya oksigen terlarut yang cukup dan pH netral dalam air akan mengoksidasi Fe^{2+} menjadi $(\text{Fe}(\text{OH})_3)$, dimana $(\text{Fe}(\text{OH})_3)$ ini sulit larut pada pH netral. Ion fero (Fe^{2+}) sering ditemui di sumber air yang mengandung oksigen terlarut yang rendah seperti air tanah dan lapisan bawah danau. Konsentrasi Fe dalam air tanah dapat mencapai sekitar 1-10mg/l, sedangkan pada air permukaan jarang ditemukan kadar Fe melebihi 1 mg/l.^(25,30) Kandungan besi dalam air juga dapat berasal dari korosi pipa penyalur air minum.⁽²⁴⁾

2. Standart baku mutu besi (Fe)

Standart baku mutu kadar maksimum Fe yang diperbolehkan untuk air bersih yaitu sebesar 1mg/l dan untuk air minum sebesar 0,3mg/l.⁽²⁾

3. Hal-hal yang mempengaruhi kelarutan Fe dalam air

a. Kedalaman resapan

Air hujan yang jatuh ke tanah mengalami infiltrasi masuk ke dalam tanah yang mengandung FeO dan kemudian akan

bereaksi dengan H_2O dan CO_2 dalam tanah membentuk $Fe(HCO_3)_2$ dimana semakin dalam air yang meresap ke dalam tanah semakin tinggi juga kelarutan besi dalam air tersebut.⁽⁷⁾

b. pH

pH air akan mempengaruhi kadar besi dalam air, apabila pH air rendah akan berakibat terjadinya proses korosif sehingga menyebabkan larutnya besi dan logam lainnya dalam air. pH yang kurang dari 7 dapat melarutkan logam. Dalam keadaan pH rendah, besi yang ada dalam air berbentuk ferro dan ferri, dimana bentuk ferri akan mengendap dan tidak larut dalam air serta dapat berakibat terjadinya warna pada air, sehingga mengakibatkan air menjadi berwarna, berbau dan berasa.⁽⁵⁾

c. Suhu

Suhu adalah temperatur udara. Suhu yang tinggi menyebabkan penurunan kadar O_2 dalam air, kenaikan suhu air juga dapat mengguraikan derajat kelarutan mineral sehingga kelarutan Fe pada air tinggi. Suhu air bersih sebaiknya sama dengan suhu udara disekitarnya atau kurang lebih $25^\circ C$, dan apabila terjadi perbedaan maka batas yang diperbolehkan adalah $25^\circ C \pm 3^\circ C$.^(11,31)

d. Bakteri besi

Bakteri besi (*Crenothrix*, *Lepothrix*, *Galleanella*, *Sinderocapsa* dan *Sphoerothylus*) adalah bakteri yang dapat mengambil unsur besi dari sekeliling lingkungan hidupnya sehingga mengakibatkan turunnya kandungan besi dalam air. Hasil aktifitas bakteri besi tersebut akan menghasilkan presipitat (oksida besi) yang menyebabkan warna kuning pada pakaian dan bangunan. Bakteri besi merupakan bakteri yang hidup dalam keadaan anaerob dan banyak terdapat dalam air yang mengandung mineral. Pertumbuhan bakteri akan menjadi lebih

sempurna apabila air banyak mengandung CO₂ dengan kadar yang cukup tinggi.⁽³¹⁾

4. Dampak adanya kadar besi

Secara khusus, keberadaan Fe²⁺ akan menimbulkan warna, bau dan rasa yang tak diinginkan. Adapun dampak lain yang ditimbulkan dari keberadaan Fe²⁺ yaitu:

a. Dampak bagi kesehatan

Besi merupakan elemen penting dalam nutrisi manusia. Kebutuhan harian minimum untuk zat besi tergantung pada usia, jenis kelamin, status fisiologis, dan bioavailabilitas besi dan berkisar dari sekitar 10 hingga 50 mg / hari.⁽³²⁾ Kekurangan maupun kelebihan zat besi di dalam tubuh akan berdampak bagi kesehatan, hal ini disebabkan karena tubuh tidak dapat mensekresi besi. Kekurangan zat besi terjadi karena asupan makanan yang tidak mencukupi dan menyebabkan anemia gizi. Sedangkan kelebihan zat besi dapat menyebabkan terjadi gejala muntah, rasa nek, pusing, denyut jantung meningkat, mengigau dan pingsan.⁽³³⁾

Air yang mengandung besi cenderung akan menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Berdasarkan penelitian di Sidoarjo, rata-rata kandungan Fe dalam air sumur penduduk sebesar 0,074 ± 2,128 mg/l menyebabkan gangguan kesehatan seperti mudah lelah, mual, muntah, nyeri pada perut, dan diare.⁽³⁴⁾ Kadar besi yang lebih dari 1 mg/l juga akan menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit.⁽⁸⁾

b. Dampak fisik

Dampak fisik yang ditimbulkan oleh keberadaan Fe²⁺ dalam air adalah warna, bau dan rasa yang tak diinginkan. Keberadaan Fe²⁺ yang melebihi 0,1 mg/l dapat menyebabkan rasa tak sedap pada air dan apabila kelarutannya melebihi 10mg/l, air juga menjadi berbau seperti telur busuk.^(8,25)

c. Dampak material

Material yang digunakan untuk jalur distribusi air akan mudah rusak dan keropos karena endapan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang bersifat korosif terhadap pipa. Endapan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang mengendap pada saluran pipa akan mengakibatkan pembuntuan dan noda kecoklatan pada pakaian serta efek-efek yang dapat merugikan seperti mengotori bak, wastafel, dan kloset.^(25,35)

d. Dampak secara ekonomi

Dapat meningkatkan biaya perbaikan yang diakibatkan dari keroposnya peralatan, meningkatkan biaya pemeliharaan, meningkatkan biaya pengobatan.⁽³⁶⁾

5. Metode menghilangkan besi dalam air

Proses pengolahan air untuk menurunkan kadar besi (Fe) dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain aerasi, filtrasi, adsorpsi, penambahan bahan kimia (koagulan), sedimentasi serta kombinasi di antara cara-cara tersebut.^(8,11)

a. Aerasi

Aerasi merupakan proses penambahan udara ke dalam air sehingga terjadi reaksi oksidasi. Proses aerasi bertujuan untuk mengurangi kadar zat besi yang melampaui ambang batas yang telah ditetapkan yaitu sebesar 0,3 mg/l.^(9,37) Ion Fe^{2+} yang berada dalam kondisi terlarut akan dikonversi menjadi bentuk tersuspensi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang dapat dihilangkan dengan proses filtrasi dan sedimentasi.⁽⁸⁾

b. Filtrasi

Proses filtrasi dapat mempercepat penurunan kadar Fe pada air. Proses filtrasi merupakan proses penyaringan partikel secara fisik, kimia dan biologi untuk memisahkan atau menyaring partikel yang belum terendap.⁽¹¹⁾ Proses filtrasi dilakukan dengan cara melewatkan air melalui media sehingga partikel yang masih lolos pada proses sebelumnya akan tersaring.⁽³⁷⁾

c. Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan suatu zat dengan permukaan zat lain. Secara umum adsorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan benda atau zat penyerap. Proses adsorpsi sering dimanfaatkan untuk menghilangkan warna, bau dan rasa. Selain itu juga dimanfaatkan untuk menyisihkan materi organik dan materi toksik.⁽¹¹⁾ Proses adsorpsi dapat menggunakan karbon yang telah diaktivasi, sehingga karbon aktif memiliki daya serap yang tinggi. Cara pengaplikasiannya dapat dengan mencampurkan adsorben dengan serbuk karbon aktif atau menjadikan karbon aktif sebagai media filter.⁽³⁸⁾

d. Koagulasi

Penambahan koagulan ke dalam air baku diikuti pengadukan cepat yang bertujuan untuk mencampur antara koagulan dengan koloid sehingga partikel koloid tersebut bisa bergabung menjadi flok-flok kecil.^(11,37)

C. Aerasi

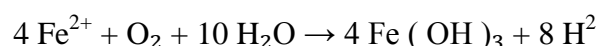
1. Proses aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat. Fungsi utama aerasi adalah melarutkan oksigen ke dalam air, penurunan jumlah CO₂, menghilangkan H₂S, CH₄ yang menyebabkan timbulnya bau, menurunkan Fe dan Mn dalam air.⁽³¹⁾

Skema alir proses dari aerasi adalah sebagai berikut:

O₂ _ aerasi , reaksi:

Merubah Fe²⁺ → Fe³⁺ → mengendap



2. Faktor-faktor yang mempengaruhi aerasi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses aerasi antara lain⁽¹¹⁾ :

a. Karakteristik zat yang mudah menguap

Zat yang mudah menguap akan mempercepat proses transfer gas oksigen dalam air, sehingga kandungan oksigen dalam air akan meningkat.

b. Suhu

Suhu air dapat mempengaruhi laju perpindahan oksigen. Perpindahan oksigen akan meningkat 1,56 % untuk setiap kenaikan temperatur 1°C. Suhu yang tinggi menyebabkan penurunan kadar O₂ dalam air, kenaikan suhu air juga dapat mengguraikan derajat kelarutan mineral sehingga kelarutan Fe pada air tinggi. Suhu air bersih sebaiknya sama dengan suhu udara disekitarnya atau kurang lebih 25°C, dan apabila terjadi perbedaan maka batas yang diperbolehkan adalah 25°C ± 3°C.^(11,31)

c. Tekanan air

Tekanan air yang digunakan harus disesuaikan dengan metode yang akan dipergunakan di dalam proses aerasi. Tekanan air yang terlalu tinggi akan mengakibatkan proses transfer gas oksigen dalam air tidak berjalan maksimal. Berdasarkan penelitian tentang peningkatan efektifitas aerasi, konsentrasi oksigen terlarut yang tertinggi yaitu pada waktu tinggal 50 menit dan pada tekanan terendah yaitu 3 Psi serta pada debit terkecil yaitu 0.00007 m³/det.⁽³⁹⁾

d. Perpindahan gas

Tingginya oksigen yang larut selama proses aerasi berlangsung menandakan terjadi proses transfer gas secara difusi. Hal ini dikarenakan adanya perpindahan gas atau kontak antara oksigen dengan air, dimana perpindahan gas ini dapat

menurunkan jumlah CO_2 , menghilangkan H_2S , CH_4 yang menyebabkan timbulnya bau, menurunkan Fe dan Mn dalam air.^(11,31) Banyaknya jumlah *tray* dalam aerasi akan mempengaruhi besarnya perpindahan gas. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, *tray aerator* 5 tingkat menghasilkan nilai rata-rata oksigen terlarut sebesar 7,24 mg/L dan efisien menyisihkan Fe sebesar 10 %, lebih besar dibandingkan dengan *tray aerator* 3 tingkat.⁽⁴⁰⁾

e. Waktu kontak.

Perpindahan oksigen dari udara ke dalam air membutuhkan waktu, semakin panjang waktu kontak semakin banyak oksigen yang dapat berpindah sehingga konsentrasi besi terlarut akan menurun.⁽¹¹⁾ Berdasarkan penelitian penurunan besi dan mangan pada air tanah menyebutkan bahwa waktu optimum aerasi dalam menurunkan konsentrasi besi terlarut dan mangan adalah selama 15 menit.⁽⁴¹⁾

3. Metode atau jenis aerasi

• Metode atau jenis aerasi secara umum metode aerasi terdiri dari⁽³⁵⁾ :

- a. *Tray aerator*, proses aerasi dilakukan dengan cara menjatuhkan air baku dari ketinggian tertentu dan dilewatkan dalam sejumlah nampan (*tray*) yang telah tersusun vertikal dengan jarak tertentu. Pada saat air baku jatuh dari nampan satu ke nampan di bawahnya maka akan terjadi kontak dengan udara. Jarak antara tray biasanya berkisar dari 12 inci hingga 30 inci. Distribusi air yang baik di seluruh area setiap baki sangat penting. Nampan harus dirancang dengan pembuatan sejumlah lubang kecil sekitar 2 inci pada setiap lubang, untuk memastikan aliran seragam. Nampan biasanya diisi dengan media 2-6 inci, seperti coke, batu, atau bola keramik untuk meningkatkan distribusi air dan transfer gas dan

untuk mengambil keuntungan dari efek oksidasi katalitik dari deposit oksida mangan di media.⁽¹²⁾

- b. *Spray nozzles*, proses aerasi yang dilakukan dengan cara menyemprotkan air baku melewati kolom pipa tertentu dan keluar melalui nozzle. Dari nozzle inilah kemudian air baku akan kontak dengan udara bebas.⁽⁷⁾
- c. *Cascade*, proses aerasi yang dilakukan dengan cara menjatuhkan air baku melewati bangunan berbentuk tangga sehingga saat jatuh dari tangga yang lebih tinggi ke tangga yang di bawahnya akan terjadi kontak dengan udara bebas.⁽³¹⁾
- d. *Diffused-air aerator*, proses aerasi yang dilakukan dengan cara mendifusikan sejumlah udara ke dalam air baku melalui tekanan yang tinggi ke dalam tangki/bak pengolahan. Udara yang didifusikan akan mengoksidasi beberapa senyawa yang dapat dihilangkan dengan proses oksidasi yang terjadi.⁽⁷⁾

D. Filtrasi

1. Proses filtrasi

● Filtrasi merupakan proses penyarigan partikel secara fisik, kimia dan biologi untuk memisahkan atau menyaring partikel yang belum terendap. Filtrasi diperlukan untuk menyempurnakan penurunan kadar kontaminasi seperti bakteri, warna, rasa, bau dan Fe sehingga diperoleh air yang bersih memenuhi kualitas air minum.⁽¹¹⁾ Proses filtrasi dilakukan dengan cara melewatkan air melalui media sehingga partikel yang masih lolos pada proses sebelumnya akan tersaring.⁽³⁴⁾

Ada pun media yang digunakan dalam filtrasi antara lain pasir, kerikil, ijuk, kulit kelapa dan karbon aktif. Filtrasi dibedakan menjadi dua yaitu saringan pasir cepat dan saringan pasir lambat. Saringan pasir cepat adalah metode pemurnian air minum murni secara fisik dapat menyaring partikel-partikel tersuspensi yang relatif besar dan efisien.⁽⁴²⁾ Saringan pasir lambat adalah metode sistem pemurnian air terpusat atau semi-terpusat yang secara efektif menghilangkan

kekeruhan dan organisme patogen melalui berbagai proses biologis, fisik dan kimia dalam satu langkah pengolahan.⁽⁴³⁾

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi filtrasi

Faktor yang mempengaruhi efisiensi proses filtrasi ada 4 (empat) faktor dan menentukan hasil penyaringan dalam bentuk kualitas efluen serta masa operasi saringan yaitu⁽⁴⁴⁾

a. Kecepatan filtrasi / penyaringan

Kecepatan filtrasi atau penyaringan adalah kecepatan partikel di dalam air dari di atas permukaan air mendekati atau melewati media penyaring.⁽²⁵⁾ Kecepatan penyaringan yang lambat dapat berlangsung lama. Hal ini menyebabkan bertambahnya waktu kontak antara permukaan butiran media penyaring dengan air yang akan disaring.⁽⁴⁴⁾ Jadi semakin lambat kecepatan filtrasi atau penyaringan, maka efektivitas filtrasi akan meningkat. Berdasarkan penelitian di Kelurahan Jabungan, efisiensi filtrasi mencapai 70,4 % dengan debit air sebesar 0,55 lt/detik melewati tangki kapasitas 2m³ dalam waktu 0,424 jam dan dapat menurunkan kadar kesadahan total, total solid (padatan), total bakteri, nitrit dan besi.⁽⁴⁵⁾

b. Kualitas Air

Konsentrasi kekeruhan air baku yang sangat tinggi akan mengakibatkan hambatan aliran air dalam waktu yang singkat. Apabila konsentrasi kekeruhan air baku melebihi 50 mg/l maka diperlukan bak penampungan terlebih dahulu untuk menurunkan kadar kekeruhan air agar tidak menyumbat lubang pori dari media.⁽⁴⁴⁾

c. Suhu

Adanya perubahan suhu atau temperatur dari air yang difiltrasi akan mempengaruhi kekentalan air, aktivitas biologi dan reaksi kimia saat proses filtrasi. Selain itu juga akan mempengaruhi daya tarik menarik diantara partikel halus

penyebab kekeruhan, sehingga terjadi perbedaan dalam ukuran besar partikel yang akan disaring. Akibat ini juga akan mempengaruhi daya adsorpsi.⁽⁴⁴⁾

d. Ketebalan media filter

Tebal tipisnya media akan menentukan lamanya pengaliran dan daya saring. Media yang terlalu tebal biasanya mempunyai daya saring yang sangat tinggi, tetapi membutuhkan waktu pengaliran yang lama. Media filter dengan ukuran butiran halus akan menghasilkan air yang lebih bagus.⁽⁴⁴⁾ Berdasarkan penelitian pada sumur gali di Sidoarjo, penggunaan media filter dengan kombinasi kerikil 20 cm, pasir kwarsa 50 cm dan karbon aktif 10 cm dan waktu filtrasi selama 65 menit mendapatkan hasil filtrasi dengan persentase penurunan tingkat kekeruhan sebesar 87,27 % dan persentase penurunan kadar Fe sebesar 89,16 %.⁽⁴⁶⁾

E. Zeolit

1. Pengertian

Zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium, dan barium. Zeolit merupakan mineral hasil tambang yang bersifat lunak dan mudah kering.

Zeolit dapat dimanfaatkan sebagai bahan penghilang bau, sebagai bahan penyerap gas N_2 , O_2 dan CO_2 , sebagai bahan penukar untuk menangkap atau mengisolasi logam besi dan mangan yang terdapat di dalam air, dan menyerap logam berat seperti Pb dan Mn, penyerap NH_4 , NO_4 dan COD dengan demikian cukup bagus untuk pengolahan air buangan.⁽⁴⁷⁾ Zeolit alami dipilih karena dapat menghilangkan ion Fe dan Mn secara simultan dari sampel air bawah tanah dengan tingkat penghilangan antara 22-90% dan 61-100% untuk zeolit alam – klinoptilolit.⁽¹⁴⁾

2. Sifat-sifat zeolit

Zeolit memiliki sifat dehidrasi, adsorpsi, penukar ion, katalis, dan penyaring atau pemisah.

a. Dehidrasi

Zeolit memiliki sifat dehidrasi yang berpengaruh terhadap sifat adsorbsinya. Zeolit terisi oleh kation-kation atau molekul air. Pori-pori zeolit akan kosong apabila dipanaskan pada suhu 300° - 400°C sehingga kation-kation atau molekul air tersebut akan keluar dari dalam pori.⁽⁴⁸⁾

b. Adsorpsi

Kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada disekitar kation dalam keadaan normal ruang hampa. Air ini akan keluar jika kristal zeolit diaktivasi atau dipanaskan pada suhu 300° – 400°C sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan.⁽⁴⁸⁾ Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, zeolit alam dengan aktivasi memiliki nilai kapasitas adsorpsi dua kali lebih besar dibandingkan zeolit tanpa aktivasi.⁽⁴⁹⁾

c. Penukar Ion

Zeolit memiliki kation-kation bermuatan negatif. Kation ini akan mengikat kation pada air yang mengalir setelah itu kation zeolit dengan mudah melepaskan kation yang telah digantikan dengan kation lainnya sehingga terjadi pertukaran ion.⁽³⁸⁾

d. Katalis

Zeolit memiliki ruang hampa yang membentuk saluran di dalam struktur. Apabila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas di antara kristal. Zeolit perlu dilakukan aktivasi dan modifikasi untuk meningkatkan kemampuan daya katalis yang lebih tinggi.⁽⁵⁰⁾

e. Penyaring/ pemisah

Zeolit dapat memisahkan/menyaring molekul gas atau zat lain dengan ukuran tertentu, karena mempunyai pori-pori yang berukuran molekuler. Setiap molekul yang berukuran lebih kecil dapat melewati pori-pori zeolit, sedangkan molekul yang lebih besar dari pori-pori tidak dapat melewati.⁽³⁸⁾

F. Karbon aktif

1. Pengertian

Karbon aktif adalah salah satu jenis adsorben atau media filter yang berwarna hitam, berbentuk serbuk, granular atau pelet.⁽³⁸⁾ Karbon aktif merupakan karbon yang telah diaktivasi menggunakan gas *inert* atau oksidasi/pembakaran dengan suatu alat pada suhu tinggi 600°-900°C.⁽⁵¹⁾ Karbon aktif biasanya dipakai untuk pemurnian gas, udara, cairan atau larutan, penyerap rasa dan bau, serta penghilang senyawa-senyawa organik dalam air.⁽³⁸⁾

2. Bahan baku pembuatan karbon aktif

Ada beberapa bahan karbon yang dapat digunakan untuk membuat karbon aktif meliputi batok kelapa, arang kayu, lignin, kokas minyak bumi, arang tulang, gambut, serbuk gergaji, karbon hitam, sekam padi, gula, lubang persik, ikan, limbah pupuk, dan limbah ban karet.⁽⁵²⁾

Pemanfaatan bahan alami untuk bahan baku pembuatan karbon aktif telah banyak dilakukan, salah satunya penggunaan tempurung / batok kelapa. Berdasarkan penelitian tentang pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa didapatkan hasil bahwa karbon aktif tempurung kelapa telah memenuhi persyaratan karakteristik karbon aktif yaitu kadar air 0,382-1,619%, kadar abu 2,28-7,79%, *Iodine number* 448,02-1599,72 mg/g, *Surface area* 189,630-1900,69 m²/g. Pemanfaatan tempurung kelapa sebagai karbon aktif dapat menurunkan kadar fenol pada air limbah sebesar 99,745%.⁽⁵³⁾ Pada

penelitian limbah cair batik, karbon aktif tempurung kelapa dengan dosis 1 gram dapat menurunkan kadar logam Cr sebesar 68,21%.⁽⁵⁴⁾

3. Kualitas karbon aktif

Standar kualitas karbon aktif berdasarkan persyaratan SNI No. 06-3730-1995 dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut,

Tabel 2.1 Persyaratan Karbon Aktif

| No | Uraian | Satuan | Persyaratan | |
|----|--|--------|-------------|----------|
| | | | Butiran | Serbuk |
| 1. | Bagian yang hilang pada pemanasan 950 oC | % | Maks. 15 | Maks. 25 |
| 2. | Air | % | Maks. 4,4 | Maks. 25 |
| 3. | Abu | % | Maks. 2,5 | Maks. 10 |
| 4. | Daya jerap I2 | mg/g | Min. 750 | Min. 750 |
| 5. | Karbon aktif Murni | % | Min. 80 | Min. 65 |

Sumber⁽⁵⁵⁾

4. Mekanisme kinerja karbon aktif

Ada dua mekanisme utama karbon aktif dalam menghilangkan kontaminan dari air yaitu adsorpsi dan reduksi katalitik. Organik dihilangkan dengan adsorpsi dan sisa disinfektan dihilangkan dengan reduksi katalitik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja karbon aktif yaitu⁽⁵⁶⁾ :

a. Berat molekul

Semakin meningkat berat molekul, karbon aktif akan menyerap lebih efektif karena molekul kurang larut dalam air. Namun, struktur pori karbon yang cukup besar memungkinkan molekul untuk berpindah ke dalam. Berdasarkan penelitian pada pemurnian air gambut menyebutkan bahwa kadar besi menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi KOH pada saat proses aktivasi dan meningkatnya ukuran pori.⁽⁵⁷⁾

b. pH

Sebagian besar organik kurang larut dan lebih mudah teradsorpsi pada pH yang lebih rendah. Ketika pH meningkat, pengangkutan menurun.⁽⁵⁶⁾

c. Konsentrasi kontaminan

Semakin tinggi konsentrasi kontaminan, semakin besar kapasitas penghilangan karbon aktif. Molekul kontaminan lebih mungkin berdifusi ke dalam pori dan teradsorpsi. Konsentrasi kontaminan yang lebih tinggi akan memerlukan lebih banyak waktu kontak dengan karbon aktif.⁽⁵⁶⁾ Berdasarkan penelitian pada air sumur, lama kontak karbon aktif untuk penurunan kadar kesadahan sebesar 349,52 mg/l adalah 30 menit dengan efektivitas penurunan sebesar 54,37%.⁽⁵⁸⁾ Sedangkan pada penelitian lain, lama kontak karbon aktif paling efektif dalam menurunkan kadar amonia limbah cair tahu sebesar 30,6 mg/l adalah 7 menit dengan tingkat keefektifan 34,87%.⁽⁵⁹⁾

d. Ukuran partikel

Ukuran partikel yang lebih halus memiliki kontak dan perpindahan yang lebih baik, tetapi membutuhkan penurunan tekanan yang lebih tinggi.⁽⁵⁶⁾ Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menyebutkan bahwa ukuran media berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi besi (Fe) dalam proses adsorpsi. Semakin kecil ukuran media arang aktif sekam padi yang digunakan maka akan semakin besar efisiensi penurunan yang didapatkan.⁽⁶⁰⁾ Sedangkan pada penelitian tentang daya serap karbon aktif dari kulit singkong menyebutkan bahwa ukuran partikel 100 mesh menghasilkan karbon aktif yang memiliki daya serap terhadap sampel sebesar 66,27%.⁽⁶¹⁾

e. Laju aliran

Semakin rendah laju aliran, semakin banyak waktu kontaminan harus berdifusi ke dalam pori dan teradsorpsi. Adsorpsi oleh karbon aktif meningkat dengan waktu kontak yang lebih lama.⁽⁵⁶⁾

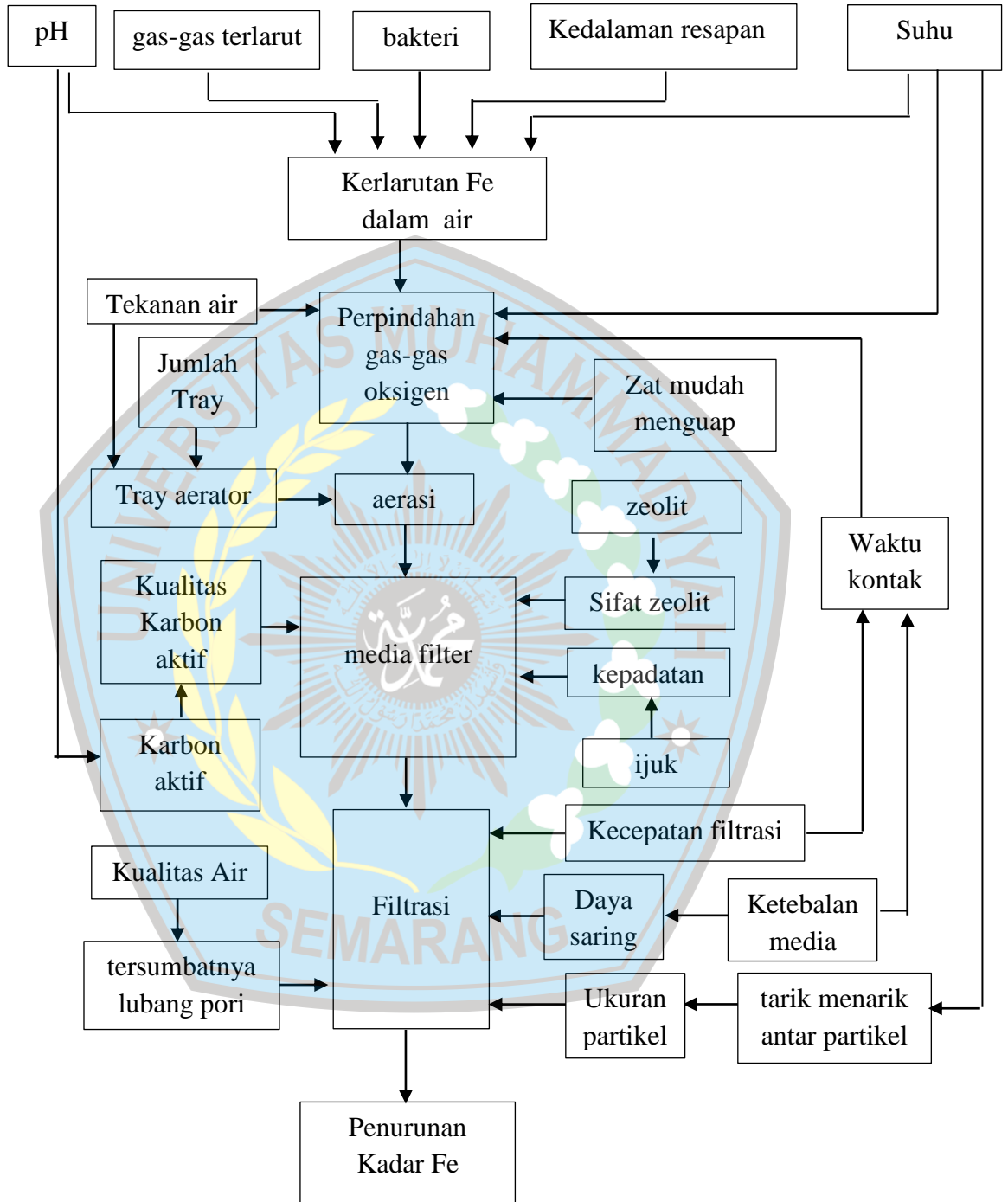
f. Suhu

Suhu air yang lebih tinggi menurunkan viskositas larutan dan dapat meningkatkan laju difusi, sehingga meningkatkan adsorpsi. Suhu saat proses aktivasi karbon aktif juga dapat mempengaruhi kemampuan daya serap karbon aktif. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, menyebutkan bahwa semakin tinggi konsentrasi zat aktivator, semakin tinggi suhu pembakaran dan semakin lama waktu aktivasi maka semakin baik daya serap karbon aktif.⁽⁶²⁾

G. Ijuk

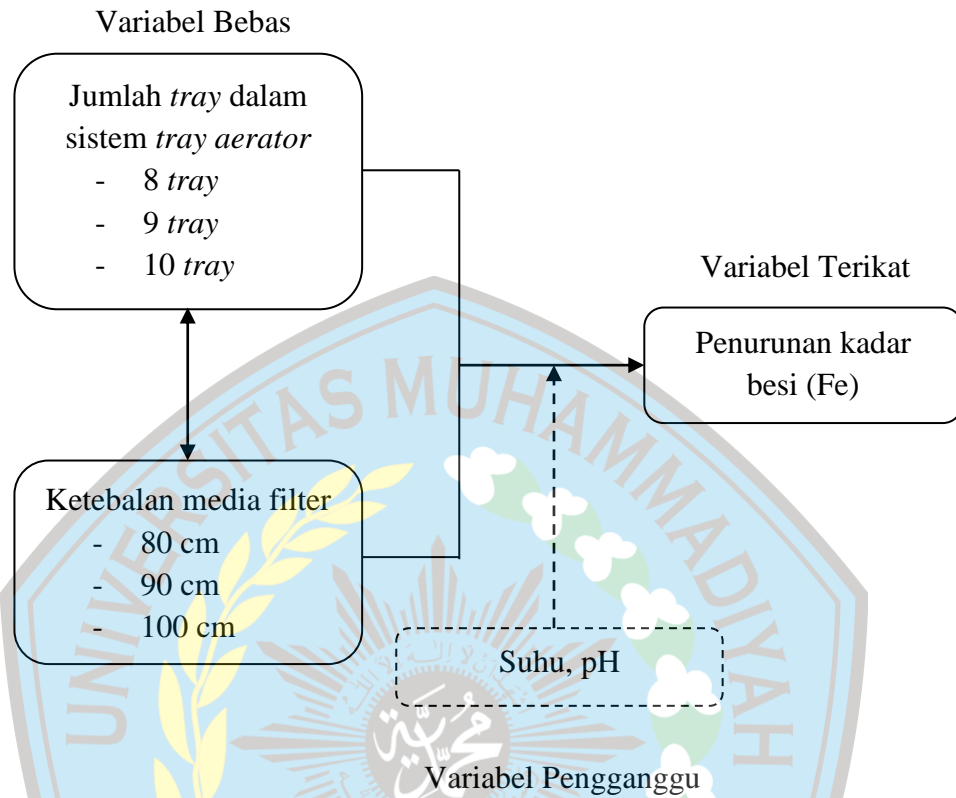
Ijuk merupakan serabut pelepah daun enau atau aren (*Arenga pinnata*). Aren merupakan tumbuhan penghasil ijuk yang tumbuh di seluruh daratan Indonesia dengan sangat baik, tapi sayangnya ijuk belum sepenuhnya dapat dimanfaatkan oleh para petani. Tanaman aren ini ketinggiannya dapat mencapai 25 m dan diameter batang 65 cm.⁽⁶³⁾ Lapisan-lapisan ijuk sering digunakan dalam pembuatan bangunan-bangunan air. Ijuk memiliki kelenturan sekaligus kepadatan sehingga mudah menyaring kotoran halus pada air.⁽¹⁶⁾ Penggunaan ijuk dengan media filter seperti karbon aktif, zeolit, kerikil, pasir aktif dan lainnya dapat meningkatkan efisiensi media filter. Berdasarkan penelitian penggunaan media filter zeolit dan ijuk menyebutkan bahwa media filter zeolit dan ijuk efisien dalam menurunkan parameter BOD hingga mencapai 95,59 %, parameter *E.coli* sebesar 95,58 %, kadar Nitrat sebesar 63,18 %, dan kadar Fosfat sebesar 84,19% pada limbah *black water*.⁽⁶⁴⁾ Pada penelitian lainnya penggunaan ijuk, koral, kerikil, arang bakau dan pasir sebagai media filter dapat menurunkan logam berat Fe sebesar 33,15 %, Zn sebesar 2,70 % dan Cu sebesar 80,39 % pada air sungai.⁽⁶⁵⁾

H. Kerangka Teori



Gambar 2.1 Kerangka Teori(5,7,11,14,16,25,31,38,44)

I. Kerangka Konsep



Gambar 2.2 Kerangka Konsep

Keterangan :

Suhu dan pH dilakukan pengukuran

J. Hipotesis

1. Ada pengaruh jumlah *tray* dalam sistem *tray aerator* terhadap penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur.
2. Ada pengaruh ketebalan media filter terhadap penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur.
3. Ada pengaruh interaksi antara jumlah *tray* dalam sistem *tray aerator* dengan ketebalan media filter terhadap penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur.