

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

2.1.1 Definisi Air

Air merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan manusia. Di muka bumi ini keberadaan air sangat berlimpah, mulai dari mata air, sungai, waduk, danau, laut hingga samudra (Bagus, 2015). Air dijadikan sebagai sumber daya alam yang sangat diperlukan oleh banyak orang, bahkan semua makhluk hidup. Air yang terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimiawi H_2O , dimana satu molekul air tersusun dua atom hydrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Secara fisik air tidak memiliki warna, tidak berasa dan tidak berbau. Air dapat berwujud padat, cair maupun gas, bentuk mana yang akan ditemui tergantung keadaan cuaca setempat. Kepadatan (density), seperti halnya bentuk, juga tergantung pada temperatur dan tekanan (P) (Herlambang, 2006). Air merupakan suatu larutan yang hampir-hampir bersifat universal, maka zat-zat yang paling alamiah maupun buatan manusia hingga tingkat tertentu terlarut di dalamnya. Dengan demikian, air di dalam mengandung zat-zat terlarut. Zat-zat ini sering disebut pencemar yang terdapat dalam air (Linsley, 1991).

Penyediaan air bersih untuk masyarakat mempunyai peranan yang sangat penting dalam meningkatkan kesehatan lingkungan bagi masyarakat itu sendiri. Sampai saat ini, penyediaan air bersih untuk masyarakat Indonesia masih dihadapkan pada beberapa permasalahan yang cukup kompleks dan sampai saat

ini belum dapat diatasi sepenuhnya. Salah satu masalah yang masih dihadapi sampai saat ini yakni masih rendahnya tingkat pelayanan air bersih untuk masyarakat (Ibrahim, 2016).

2.1.2 Syarat air bersih

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia, tanpa air tidak akan ada kehidupan di bumi. Tubuh manusia 65%-nya terdiri atas air. Bumi mengandung sejumlah besar air, lebih kurang $1,4 \times 10^9 \text{ km}^3$, yang terdiri atas samudera, laut, sungai, danau, gunung es, dan sebagainya. Namun dari sekian banyak air yang terkandung di bumi hanya 3 % yang dapat digunakan untuk mencukupi kebutuhan sehari-hari, berupa air tawar yang terdapat dalam sungai, danau, dan air tanah (Agustina, 2007).

Kualitas air berhubungan dengan adanya bahan-bahan lain terutama senyawa-senyawa kimia, baik dalam bentuk senyawa organik juga adanya mikroorganisme yang memegang peranan penting dalam menentukan komposisi air. Dalam jaringan hidup, air merupakan medium untuk berbagai reaksi dan proses ekskresi. Air merupakan komponen utama baik dalam tanaman maupun hewan, termasuk manusia. Tubuh manusia terdiri dari 60-70% air. Transportasi zat-zat makanan dalam tubuh semuanya dalam bentuk larutan dengan pelarut air (Achmad, 2004).

Air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi system penyediaan air minum, dimana persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi parameter fisika, kimia, biologis dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping yang bias mengganggu

kesehatan manusia sesuai dengan PERMENKES RI/No. 492/MENKES/PER/IV/2010.

Tabel 2. Persyaratan Kualitas Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1.	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
a.	Parameter mikrobiologi		
1)	E.coli	Jumlah per 100 mL sampel	0
2)	Total bakteri koliform	Jumlah per 100 mL sampel	0
b.	Kimia an-organik		
1)	Arsen	mg/L	0,01
2)	Fluoride	mg/L	1,5
3)	Total kromium	mg/L	0,05
4)	Kadmium	mg/L	0,003
5)	Nitrit, (sebagai NO ₂ ⁻)	mg/L	3
6)	Nitrit, (sebagai NO ₃ ⁻)	mg/L	50
7)	Sianida	mg/L	0,07
8)	Selenium	mg/L	0,01
2.	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
a.	Parameter fisik		
1)	Bau		Tidak berbau
2)	Warna	TCU	15
3)	Total zat padatan terlarut (TDS)	mg/L	500
4)	Kekeruhan	NTU	5
5)	Rasa		Tidak berasa
6)	Suhu	°C	Suhu udara ± 3
b.	Parameter kimiawi		
1)	Aluminium	mg/L	0,2
2)	Besi	mg/L	0,3
3)	Kesadahan	mg/L	500
4)	Khlorida	mg/L	250
5)	Mangan	mg/L	0,4
6)	pH	mg/L	6,5-8,5
7)	Seng	mg/L	3
8)	Sulfat	mg/L	250
9)	Tembaga	mg/L	2
10)	ammonia	mg/L	1,5

Sumber : Kep MenKes RI No. 492/MenKes/Per/IV/2010

2.1.3 Sifat kimia dan fisik air

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air secara fisik bersifat tidak memiliki warna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperature 273,15 K (0°C).

Sifat air yang penting dapat digolongkan ke dalam sifat fisik, kimiawi, dan biologis. Sifat fisik dari air yaitu didapatkan dalam ketiga wujudnya, yakni, bentuk padat sebagai es, bentuk cair sebagai air, dan bentuk gas sebagai uap air. Bentuk yang akan didapatkan, tergantung keadaan cuaca yang ada setempat. Sifat kimia dari air yaitu mempunyai pH=7 dan oksigen terlarut (=DO) jenuh pada 9 mg/L. Air juga merupakan cairan biologis, yakni didapat di dalam tubuh semua organisme. Sifat biologis dari air yaitu di dalam perairan selalu didapat kehidupan, fauna dan flora. Benda hidup ini berpengaruh timbal balik terhadap kualitas air (Slamet, 2002).

Atom oksigen memiliki nilai keelektronegatifan yang sangat besar, sedangkan atom hidrogen memiliki nilai keelektronegatifan paling kecil diantara unsur-unsur bukan logam. Hal ini selain menyebabkan sifat kepolaran air yang besar juga menyebabkan adanya ikatan hidrogen antar molekul air. Ikatan hidrogen terjadi karena atom oksigen yang terikat dalam satu molekul air masih mampu mengadakan ikatan dengan atom hidrogen yang terikat dalam molekul air yang lain. Ikatan hidrogen inilah yang menyebabkan air memiliki sifat-sifat yang khas. Sifat-sifat khas air sangat menguntungkan bagi kehidupan makhluk di bumi

(Achmad, 2004). Hal sama dikemukakan oleh Dugan (1972), Hutchinson (1975) dan Miller (1992) yang menyatakan bahwa air memiliki beberapa sifat khas yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia lain. Diantara sifat-sifat tersebut adalah : Air memiliki titik beku 0°C dan titik didih 100°C (jauh lebih tinggi dari yang diperkirakan secara teoritis), sehingga pada suhu sekitar 0°C sampai 100°C yang merupakan suhu yang sesuai untuk kehidupan, air berwujud cair. Hal ini sangat menguntungkan bagi makhluk hidup, karena tanpa sifat ini, air yang terdapat pada jaringan tubuh makhluk hidup maupun yang terdapat di laut, sungai, danau dan badan perairan yang lain mungkin ada dalam bentuk gas ataupun padat. Sedangkan yang diperlukan dalam kehidupan adalah air dalam bentuk cair (Achmad, 2004).

2.1.4 Kelarutan (Solvasi)

Air adalah pelarut yang kuat, melarutkan banyak jenis zat kimia. Zat-zat yang bercampur larut dalam air (misalnya garam-garam) disebut sebagai zat-zat “hidrofilik” (pencinta air), dan zat-zat yang tidak mudah bercampur dengan air (misalnya lemak dan minyak) disebut sebagai zat-zat “hidrofobik” (takut air). Kelarutan suatu zat dalam air ditentukan oleh dapat tidaknya zat tersebut menandingi kekuatan gaya tarik menarik listrik (gaya intermolekul dipole-dipole) antara molekul-molekul air. Jika suatu zat tidak mampu menandingi gaya tarik menarik antar molekul air, molekul-molekul zat tersebut tidak larut dan akan mengendap dalam air.

2.1.5 Pembagian Air

Air merupakan sumber kehidupan yang tidak dapat tergantikan oleh apapun juga. Tanpa air, manusia, hewan dan tanaman tidak dapat hidup. Air di bumi dapat digolongkan menjadi dua, yaitu:

- 1) Perairan darat yaitu air permukaan yang berada diatas daratan.

Contohnya : rawa, danau, dan sungai.

- 2) Perairan laut yaitu air permukaan yang berada di lautan luas. Contohnya air laut.

Sumber air merupakan salah satu komponen utama pada suatu system penyediaan air bersih, karena tanpa air maka suatu system penyediaan air bersih tidak akan berfungsi (Asmadi dkk, 2011). Air yang berada dipermukaan bumi ini dapat berasal dari berbagai sumber. Berdasarkan letak sumbernya air dapat dibagi menjadi 4, yaitu :

- 1) Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada dibawah permukaan tanah. Air tanah dibagi menjadi dua, yaitu air tanah preatis dan air tanah artesis. Air tanah preatis adalah air tanah yang letaknya tidak jauh dari permukaan tanah serta berada di atas lapisan kedap air/impemabel. Sedangkan air tanah artesis adalah air tanah yang letaknya sangat jauh di dalam tanah serta berada diantara dua lapis kedap air yaitu lapisan akuifer.

- 2) Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin karna mengandung garam NaCl. Garam NaCl dalam air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum.

3) Air permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir dipermukaan bumi. Pada umumnya air permukaan mendapatkan pengotoran selama pengaliran, misalnya oleh lumpur, batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota dan sebagainya. Jenis pengotoran ini dinamakan pengotoran fisik, kimia dan bakteriologis.

4) Air atmosfer

Air ini dalam keadaan murni, sangat bersih karena dengan adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran-kotoran industri atau debu dan lain sebagainya. Air hujan juga mempunyai sifat lunak sehingga boros terhadap pemakaian sabun (Achmad, 2004).

2.1.6 Kualitas Air

Peraturan Pemerintah No.492 tahun 2010 mengelompokkan kualitas air menjadi beberapa golongan menurut peruntukannya.

- 1) Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.
- 2) Golongan B, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum.
- 3) Golongan C, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
- 4) Golongan D, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, usaha di perkotaan, industri, dan PLTA (pembangkit listrik tenaga air).

2.1.7 Pencemaran Air

Pencemaran lingkungan merupakan masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan (Undang-Undang Lingkungan Hidup No. 32 Tahun 2009). Menurut tempat terjadinya, pencemaran dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu pencemaran udara, air, dan tanah (Rahayu & Hidayat, 2017).

Pencemaran air didefinisikan sebagai perubahan langsung atau tidak langsung terhadap keadaan air yang berbahaya atau berpotensi menyebabkan penyakit atau gangguan bagi kehidupan makhluk hidup. Perubahan langsung dan tidak langsung ini dapat berupa perubahan fisik, kimia, termal, biologi, atau radioaktif. Beberapa indikator terhadap pencemaran air dapat diamati dengan melihat perubahan keadaan air dari keadaan yang normal, diantaranya:

- 1) Adanya perubahan suhu air.
- 2) Adanya perubahan tingkat keasaman, basa dan garam (salinitas) air.
- 3) Adanya perubahan warna, bau dan rasa pada air.
- 4) Terbentuknya endapan, koloid dari bahan terlarut.
- 5) Terdapat mikroorganisme di dalam air.
- 6) Meningkatnya radioaktivitas air lingkungan (Situmorang, 2007).

Logam berat yang dapat ditemukan dalam perairan adalah mangan, timbal, besi, tembaga dan krom. pH air, konsentrasi dan jenis logam, system dengan lingkungan redoks dan keadaan komponen mineral teroksidasi merupakan pengontrol kelarutan logam dalam perairan. Logam-logam tersebut berbentuk ion-

ion kompleks. Senyawa oksidasi, senyawa hidroksida, senyawa sulfide dan senyawa karbonat merupakan senyawa logam yang berada dalam perairan dan juga tanah yang sangat mudah larut dalam air (Palar, 2004).

Pencemaran air umumnya disebabkan oleh pembuangan limbah industri, sampah rumah tangga, limbah rumah sakit, sisa-sisa pupuk dan pestisida dari daerah pertanian, limbah deterjen yang merupakan unsur-unsur polutan sehingga mutu air berkurang (Muslimah, 2015).

2.2 Mangan (Mn^{2+})

Mn ditemukan oleh Johann Gahn pada tahun 1774 di Swedia. Mangan (Mn) adalah logam berwarna abu-abu keperakan yang merupakan unsur pertama logam golongan VIIB, dengan berat atom $54,94 \text{ g.mol}^{-1}$, nomor atom 25, berat jenis $7,43 \text{ g.cm}^{-3}$, dengan mempunyai valensi 2, 4, dan 7. Mangan (Mn) digunakan dalam campuran baja, industri pigmen, las, pupuk, pestisida, keramik, elektronik, dan alloy, industri baterai, cat dan zat tambahan pada makanan. Di alam jarang sekali Mn berada dalam keadaan unsur, umumnya berada dalam keadaan senyawa dengan berbagai macam valensi (Tatsumi, 1971).

2.2.1 Sifat fisisika dan kimia Mn (II)

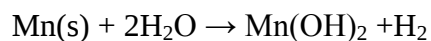
1. Sifat Fisika

Mangan merupakan unsur yang dalam keadaan normal memiliki bentuk padat. Massa jenis mangan pada suhu kamar yaitu sekitar $7,21 \text{ g/cm}^3$, sedangkan massa jenis cair pada titik lebur sekitar $5,95 \text{ g/cm}^3$. Titik lebur mangan sekitar $1519 ^\circ\text{C}$, sedangkan titik didih mangan ada pada suhu $2061 ^\circ\text{C}$. Kapasitas kalor pada suhu ruang adalah sekitar $26,32 \text{ J/mol.K}$ (Said, 2005).

2. Sifat kimia

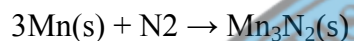
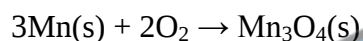
1). Reaksi dengan air

Mangan bereaksi dengan air dapat berubah menjadi basa secara perlahan dan gas hidrogen akan dibebaskan sesuai reaksi:



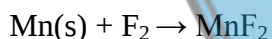
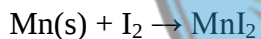
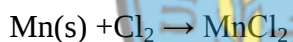
2). Reaksi dengan udara

Logam mangan terbakar di udara sesuai dengan reaksi:

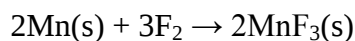


3). Reaksi dengan halogen

Mangan bereaksi dengan halogen membentuk mangan (II) halida, reaksi:

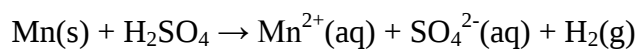


Dengan flourin membentuk mangan (II) flourida, juga menghasilkan mangan (III) flourida sesuai reaksi:



4). Reaksi dengan asam

Logam mangan bereaksi dengan asam-asam encer secara cepat menghasilkan gas hidrogen sesuai reaksi:



2.2.2 Sumber kebradaan

Kandungan Mn di bumi sekitar 1060 ppm, di tanah sekitar 61-1010 ppm, disungai sekitar 7 mg/L, di laut sekitar 10 ppm, di air tanah sekitar <0,1 mg/L. Mangan terdapat dalam bentuk kompleks dengan bikarbonat, mineral dan organik. Unsur mangan pada air permukaan berupa ion bervalensi empat dalam bentuk organik kompleks. Mangan banyak terdapat dalam pyrolusite (MnO_2), braunite ($\text{Mn}^{2+} \text{Mn}^{3+}_6(\text{SiO}_{12})$), psilomelane $(\text{Ba}, \text{H}_2\text{O})_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$ dan rhodochrosite (MnCO_3) (Eaton Et.al,2005, said,2013; perpamsi,2002). Mangan dalam bentuk $\text{Mn}(\text{OH})_2$ dan MnCO_3 relatif sulit larut didalam air, tetapi untuk senyawa seperti garam MnSO_4 , MnCl_2 dan $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ mempunyai kelarutan yang besar dalam air (Said, 2005).

2.2.3 Toksisitas Mn

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 menetapkan kadar logam mangan di dalam air minum maksimum 0.4 mg/L. Dalam jumlah yang kecil (< 0,4 mg/L), Mn dalam air tidak menimbulkan gangguan kesehatan, melainkan bermanfaat dalam menjaga kesehatan otak dan tulang, berperan dalam pertumbuhan rambut dan kuku, serta membantu menghasilkan enzim untuk metabolisme tubuh untuk mengubah karbohidrat dan protein membentuk energi yang akan digunakan. Mangan tersebar di seluruh jaringan tubuh. Konsentrasi mangan tertinggi terdapat di hati, kelenjar tiroid, pituitari, pankreas, ginjal dan tulang. Kadar minimal yang dibutuhkan sekitar 2,5 hingga 7 mg mangan per hari dapat mencukupi kebutuhan manusia. Tetapi dalam jumlah yang besar (> 0,4 mg/L), Mn dapat menimbulkan

racun yang lebih kuat dibanding besi, yaitu menyebabkan gangguan pada tulang, gangguan hati, gangguan ginjal dan perubahan warna rambut (Janelle, 2004).

Kondisi kesehatan tubuh yang mengalami defisiensi mangan sangat langka ditemukan. Dalam kondisi kesehatan yang normal, manusia yang mengikuti pola makan yang tidak mengacu hanya pada satu atau dua tipe makanan, pasti bisa mencukupi kebutuhan akan mangan. Beberapa kondisi misalnya bagi pasien yang baru saja mendapatkan tindakan pembedahan abdominal biasanya rentan kekurangan mangan. Atau kondisi dimana seseorang mengalami kelebihan zat besi atau magnesium, bisa menyebabkan menurunnya penyerapan mangan oleh tubuh. Beberapa kondisi bisa menyebabkan terjadinya defisiensi, namun jarang sekali bisa ditemukan gangguan yang khusus disebabkan oleh kekurangan mangan yang membahayakan dan tidak dapat diatasi dengan asupan suplemen mengandung mangan. Namun, kekurangan asupan mangan juga bisa memicu berbagai masalah kesehatan seperti kegemukan, intoleransi glukosa, pembekuan darah, masalah kulit, gangguan rangka, janin lahir cacat, perubahan warna rambut, gejala neurologis.

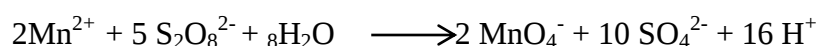
Mangan seperti mineral lainnya juga bersifat beracun apabila tersimpan secara berlebihan dalam tubuh dan menyebabkan gangguan ginjal, gangguan mental, kejang, penyakit parkinson atau gejala-gejala yang menyerupai penurunan tingkat intelegensia (Said, 2005).

2.2.4 Penetapan kadar Mn^{2+}

1) Prinsip penetapan kadar Mangan (Mn)

Mn yang ditambahkan dalam sampel dioksidasi dengan $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ menjadi KMnO_4 yang berwarna ungu, dibaca dengan spektrofotometer pada gelombang 525 nm.

2) Reaksi



3) Pengganggu

- a. Ion klorida sampai 1,0 g diikat dengan penambahan Hg_2SO_4 menjadi garam kompleks.
- b. Zat organik dihilangkan dengan pemanasan lebih lama dan lebih banyak ditambahkan persulfat (Yusrin, 2004).

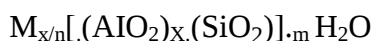
2.3 Zeolit

2.3.1 Pengertian Zeolit

Zeolit adalah suatu padatan kristalin berpori dengan tiga dimensi yang strukturnya mengandung aluminosilikat, terbangun dari $(\text{SiO}_4)^{4-}$ dan $(\text{AlO}_4)^{5-}$ membentuk struktur bermuatan negatif dan berongga terbuka/berpori. Muatan negatif pada kerangka zeolit dinetralkan oleh kation yang terikat lemah, dan rongga zeolit terisi oleh molekul air yang berkoordinasi dengan kation. Rumus umum zeolit adalah $\text{M}_x/\text{n}[(\text{AlO}_2)_x(\text{SiO}_2)_y] \cdot m\text{H}_2\text{O}$ dengan M adalah kation bervalensi n. $(\text{AlO}_2)_x(\text{SiO}_2)_y$ adalah kerangka zeolit yang bermuatan negatif, H_2O adalah molekul air dalam kerangka zeolit, dan m adalah jumlah molekul air (Mukaromah, 2016). Struktur zeolit sejauh ini diketahui bermacam-macam, tetapi

secara garis besar strukturnya terbentuk dari unit bangun primer, berupa tetrahedral yang kemudian menjadi unit bangun sekunder polyhedral, membentuk polyhedral, dan akhirnya unit struktur zeolit (Sinly, 2007).

Rumus yang menyatakan komposisi molekul zeolit :



Keterangan :

$M_{x/n}$ = Kation bervalensi n seperti Na, Mg dan Ca yang menempati posisi bagian luar kerangka.

x,y,m = Bilangan tertentu.

n = Bilangan yang menyatakan muatan ion logam.

mH_2O = Jumlah mol air yang menempati posisi bagian luar kerangka.

Kerangka dasar struktur (unit bangun primer) zeolit berupa tetrahedral empat atom O yang mengelilingi atom pusat silika atau atom pusat alumina (TO_4 : dengan T adalah tektosilika yang berupa Si atau Al). Mineral zeolit adalah kelompok mineral aluminium silikat terhidrasi $L_mAl_xSi_yO_z \cdot nH_2O$, dari logam alkali atau alkali tanah (terutama Ca dan Na), m, x, y, dan z merupakan bilangan 2 hingga 10, dan koefisien dari H_2O , serta L adalah logam. Zeolit secara empiris ditulis $(M^{2+} \cdot M^{2+}) Al_2O_3 SiO_2 \cdot zH_2O$, M^+ berupa Na atau K dan M^{2+} berupa Mg, Ca atau Fe, Li, Sr, atau Ba dalam jumlah kecil dapat menggantikan M^+ atau M^{2+} , g dan z bilangan koefisien, beberapa specimen zeolit berwarna putih, kebiruan, kemerahan, dan coklat, karena hadirnya oksida besi atau logam lainnya. Densitas zeolit antara 2,0 - 2,3 g/cm³, dengan bentuk halus dan lunak. Struktur zeolit dapat

dibedakan dalam tiga komponen yaitu rangka aluminosilikat, ruang kosong saling berhubungan yang berisi kation logam, dan molekul air (Sanropie, 1984).

Zeolit berbentuk kristal alumino silika tetrahidraasi yang mengandung muatan positif dari ion-ion logam alkali dan tanah dalam kerangka Kristal tiga dimensi, dengan setiap oksigen membatasi antara dua tetrahedral. Struktur zeolit terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Tetrahedral alumina (SiO_4) dan silika (TO_4) pada struktur Zeolit (Las, 2005).

Zeolit pada dasarnya memiliki tiga variasi struktur yang berbeda yaitu :

- a. Struktur seperti rantai (chain-like structure), dengan bentuk Kristal acicular dan prismatic, contoh : natrolit.
- b. Struktur seperti lembaran (sheet-like structure), dengan bentuk Kristal platy atau tabular biasanya dengan basal, contoh : heulandite.
- c. Struktur rangka, dimana Kristal yang ada memiliki dimensi yang hamper sama, contoh : kabasit.

Zeolit mempunyai kerangka terbuka, sehingga $2(\text{Na}, \text{K})$ atau CaAl dengan $(\text{Na}, \text{K}) \text{Si}$, morfologi dan struktur Kristal yang terdiri dari rongga-rongga yang berhubungan ke segala arah yang menyebabkan permukaan zeolit menjadi luas. Morfologi ini terbentuk unit dasar pembangunan sekunder dan begitu seterusnya.

2.3.2 Klasifikasi zeolit

Berdasarkan pada asalnya zeolit dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu zeolit alam dan zeolit sintesis.

a. Zeolit alam

Zeolit terdapat secara alami di bumi. Sebagian besar zeolit alam mempunyai perbandingan Si/Al yang rendah, karena ketiadaan bahan organik yang berfungsi penting untuk pembentukan silika. Zeolit alam adalah zeolit yang ditambang langsung dari alam, harganya jauh lebih murah daripada zeolit sintesis dan jumlahnya banyak distribusinya tidak merata. Jenis zeolit alam dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu:

- a) Zeolit yang terdapat di antara celah-celah batuan atau di antara lapisan batuan zeolit jenis ini biasanya terdiri dari beberapa jenis mineral zeolit bersama-sama dengan mineral lain seperti kalsit, kwarsa, renit, klorit, fluorit dan mineral sulfida.
- b) Zeolit yang berupa batuan, hanya sedikit jenis zeolit yang berbentuk batuan, diantaranya adalah: klinoptilolit, analsim, laumontit, mordenit, filipsit, erionit, kabsit dan heulandit (Lestari, 2010).

b. Zeolit sintetis

Zeolit sintetis adalah senyawa kimia yang mempunyai sifat fisik dan kimia yang sama dengan zeolit yang ada di alam, zeolit sintetis ini dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai zeolit yang ada di alam, walaupun zeolit sintetis mempunyai sifat fisik yang jauh lebih baik. Zeolit sintesis mampu sebagai bahan pengolah limbah yang efektif, karena sifat yang

dimiliki jauh lebih baik dari zeolit alam, sebagai contoh zeolit sintetis tipe YHNa mampu menyerap SO_2 dari gas residu dari limbah pabrik, pada akhirnya dapat menjaga lingkungan dan kesehatan masyarakat (Saputra, 2006).

Zeolit sintetis terbentuk ketika gel yang ada terkristalisasi pada temperature dari temperature kamar sampai dengan 200°C pada tekanan atmosfer ataupun autogenous. Metode ini sangat baik diterapkan pada logam alkali untuk menyiapkan campuran gel yang reaktif dan homogen (Breck, 1974).

2.3.3 Sifat-sifat zeolit

a. Sifat-sifat zeolit alam

Zeolit alam mempunyai sifat-sifat khusus pada structural kristal serta bentuk dan ukuran pori. Diantara sifat-sifat khusus tersebut, yang berkaitan dengan fungsi zeolit sebagai adsorben adalah kapasitas tukar ion (cation exchange capacity) serta kemampuan adsorbsinya.

1) Kapasitas tukar kation (cation exchange capacity)

Kapasitas tukar kation adalah jumlah pasangan ion yang tersedia tiap satuan berat atau volume zeolit dan menunjukkan jumlah kation yang tersedia untuk dipertukarkan. Kapasitas ini merupakan fungsi dari derajat substitusi Al terhadap Si dalam struktur zeolit. Semakin besar derajat substitusi, maka kekurangan muatan positif zeolit semakin besar, sehingga jumlah kation alkali atau alkali tanah yang diperlukan untuk netralisasi juga semakin banyak. Secara umum,

kapasitas tukar kation pada zeolit tergantung pada tipe dan volume tempat adsorpsi, serta jenis, jari-jari ion dan muatan kation.

2) Kemampuan adsorpsi

Struktur bagian dalam zeolit yang membentuk lubang dan sambungan dapat diisi dengan molekul-molekul lain, termasuk molekul air. Molekul yang dapat masuk ke dalam struktur zeolit hanyalah molekul yang memiliki ukuran yang sama atau lebih kecil dari ukuran lobang zeolit, sehingga molekul yang berkurang lebih besar dari ukuran lubang zeolit tidak dapat masuk. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorpsi zeolit, diantaranya perbandingan Si/Al zeolit, ukuran dan jumlah pori, tipe tempat adsorpsi serta ukuran dan bentuk lubang pada struktur zeolit.

b. Sifat-sifat zeolit sintetis

1) Rasio Si/Al dalam zeolit

Substitusi Si^{4+} dengan Al^{3+} menyebabkan terbentuknya muatan negatif dalam kerangka yang dinetralkan dengan adanya kation monovalen atau divalent, sehingga rasio Si/Al mempengaruhi jumlah ion yang terikat dalam kerangka zeolit.

Kation-kation penyeimbang muatan dalam zeolit dapat mengalami pertukaran ion. Sedangkan komponen lain yaitu air kristal yang mengisi saluran-saluran dan rongga dapat dihilangkan dengan pemanasan. Perpindahan atau pengeluaran air dari zeolit menyebabkan zeolit dapat digunakan untuk menyerap air dari tempat

lain, molekul-molekul organik dan anorganik, sehingga zeolit banyak digunakan sebagai penyaring molekul (Hamdan, 1992).

2) Zeolit sebagai pertukaran ion

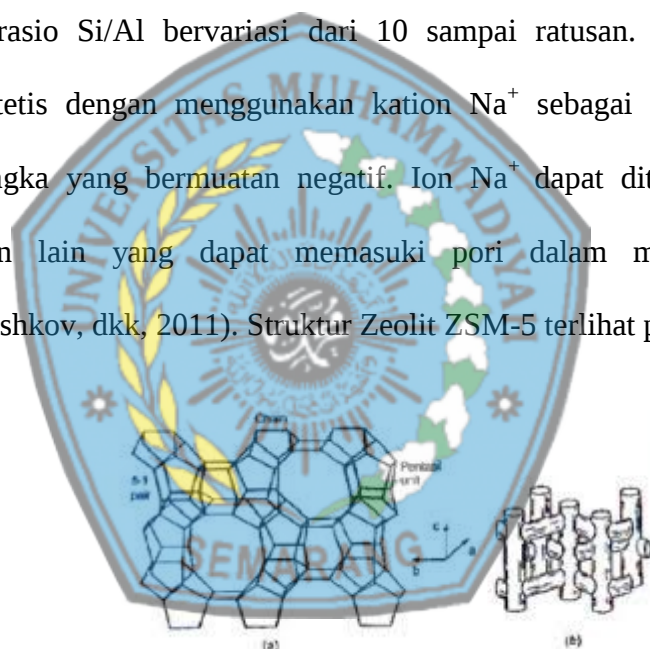
Zeolit terdiri atas gugusan alumina dan gugus silika yang masing-masing terbentuk tetrahedral dan saling dihubungkan oleh atom oksigen sedemikian rupa sehingga membentuk kerangka tiga dimensi. Kerangka yang bersifat anionik yang disebabkan oleh adanya perbedaan elektronegatifitas alumina dan silika diseimbangkan oleh adanya kation-kation seperti natrium, kalium, kalsium, magnesium, serta kation golongan alkali – alkali tanah lainnya. Ion-ion logam tersebut dapat digantikan kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversible. Struktur zeolit yang sangat berpori ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu. Oleh sebab itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekul, pertukaran ion, penyerap bahan dan katalisator.

c. ZSM-5 (Zeolit Secony Mobile-5)

ZSM-5 (Zeolit Secony Mobile-5) adalah suatu material dengan pori-pori sangat kecil yang mampu memuat molekul-molekul kecil. ZSM-5 merupakan zeolit bersilika tinggi dikembangkan untuk katalis pada sintesis senyawa-senyawa organik, refining petroleum, serta industri petrokimia. ZSM-5 selain digunakan untuk katalis pada konversi methanol menjadi hidrokarbon juga digunakan sebagai katalis reaksi

proses dewxing, proses isomerasi xylene, proses alkilasi benzene, proses cracking dan sebagainya (Saputra, 2006).

ZSM-5 mempunyai dua jenis pori, keduanya dibentuk oleh oksigen cincin enam. Jenis pori yang pertama berbentuk lurus dan elips. Jenis pori yang ke dua porinya lurus pada sudut kanan, polanya zig-zag dan melingkar. ZSM-5 merupakan salah satu zeolit dengan kerangka tipe MFI (Mordenite Framework Inverted), memiliki diameter pori 0,54 nm dan rasio Si/Al bervariasi dari 10 sampai ratusan. Zeolit ini biasa disintetis dengan menggunakan kation Na^+ sebagai ion penyeimbang kerangka yang bermuatan negatif. Ion Na^+ dapat ditukarkan dengan kation lain yang dapat memasuki pori dalam modifikasi zeolit (Petushkov, dkk, 2011). Struktur Zeolit ZSM-5 terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) Kerangka ZSM-5 (b) Struktur Channel ZSM-5 (Mukaromah, 2017)

d. Manfaat ZSM-5

a. ZSM-5 Sebagai Katalis

ZSM-5 memiliki beberapa keistimewaan sehingga dikembangkan sebagai katalis :

- 1) Difusi berlangsung secara molekuler *traffic control*, disebabkan ZSM-5 memiliki dua jenis saluran, sehingga reaktan berdifusi pada salah satu pori dan produknya keluar pada pori yang lain.
- 2) ZSM-5 mempunyai saluran yang saling berpotongan sehingga zeolit tersebut memiliki daya terima pusat aktif katalitik yang paling baik.
- 3) ZSM-5 memiliki stabilitas termal tinggi terhadap asam. ZSM-5 memiliki aktifitas dan selektivitas tinggi pada beberapa reaksi konversi hidrokarbon dan tidak mudah terdeaktivasi (Prasad, dkk, 1986). ZSM-5 adalah zeolit yang dapat dipakai sebagai katalis yang selektif terhadap bentuk dan ukuran zat yang terlibat reaksi.

b. Sintesis ZSM-5

ZSM-5 disintesis dari campuran silika dan alumina dengan komposisi dan operasi tertentu. Sumber silika dapat berupa natrium silikat, silika hidrat, silika gel, clay, water glass, silika sol, silika terpresipitasi dan calcined silika. Sumber alumina berupa alumina murni yang dilarutkan dengan NaOH, alumina sulfat, alumina

oksida, aluminium hidroksida, logam aluminat, aluminium alkoksida, garam-garam aluminium (Nurropiah, 2015).

2.4 pH

pH atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai $\text{pH} > 7$ menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai $\text{pH} < 7$ menunjukkan keasaman. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaan tertinggi. Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah.

pH dapat diukur menggunakan kertas lakmus, pH meter yang berkerja berdasarkan prinsip elektrolit/konduktivitas suatu larutan. Sistem pengukuran pH mempunyai tiga bagian yaitu elektroda pengukuran pH, elektroda referensi dan alat pengukur impedansi tinggi. Istilah pH berasal dari “p”, lambang matematika dari negatif logaritma, dan “H”, lambang kimia dari unsur Hidrogen. Defenisi yang formal tentang pH adalah negative logaritma dari aktivitas ion Hydrogen. pH adalah singkatan dari power of Hydrogen ($\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$).

Kecepatan oksidasi Mn (II) dipengaruhi oleh pH air, makin tinggi pH air kecepatan reaksi oksidasinya makin cepat. Dalam proses penghilangan mangan dengan cara aerasi, adanya kandungan alkalinitas, HCO_3^- yang cukup besar dalam air, akan menyebabkan senyawa mangan berada dalam bentuk mangano bikarbonat $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$, bentuk CO_2 bebas lebih stabil daripada HCO_3^- , maka

senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat (reaksi 1). Dalam reaksi tersebut dapat dilihat, jika CO_2 berkurang, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan dan selanjutnya akan terbentuk hidroksida mangan ($\text{Mn}(\text{OH})_2$) (reaksi 2). Hidroksida mangan ini masih mempunyai kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan udara atau aerasi akan terjadi reaksi ion (reaksi 3).



Sesuai dengan reaksi tersebut, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/L mangan dibutuhkan 0,29 mg/L oksigen. Pada pH rendah, kecepatan reaksi oksidasi dengan oksigen relative lambat, sehingga pada praktiknya untuk mempercepat reaksi dilakukan dengan cara menaikkan pH air yang diolah (Hartini, 2012).

2.5 Spektrofotometer

Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur absorbansi dengan cara melewatkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu pada suatu obyek kaca atau kuarsa yang disebut kuvet. Sebagian dari cahaya tersebut akan diserap dan sisanya akan dilewatkan. Nilai absorbansi dari cahaya yang dilewatkan akan sebanding dengan konsentrasi larutan di dalam kuvet. Metode analisa menggunakan spektrofotometer disebut spektrofotometri.

Spektrofotometri merupakan suatu metode analisa yang didasarkan pada pengukuran serapan sinar monokromatis oleh suatu lajur larutan berwarna pada

panjang gelombang spesifik dengan menggunakan monokromator prisma atau kisi difraksi dengan detector fototube. Benda bercahaya seperti matahari atau bohlam listrik memancarkan spectrum yang lebar terdiri atas panjang gelombang. Panjang gelombang yang dikaitkan dengan cahaya tampak itu mampu mempengaruhi selaput pelangi mata manusia dan karenanya menimbulkan kesan subyektif akan ketampakakan (vision). Dalam analisis secara spektrofotometri terdapat tiga daerah panjang gelombang elektromagnetik yang digunakan, yaitu daerah UV (200-380 nm), daerah visible (380-700 nm), daerah inframerah (700-3000 nm) (Khopkar, 1990).

Metode ini dapat digunakan untuk mengetahui zat yang terkandung di dalam makanan atau minuman seperti mikro nutrient, zat pewarna dan lain-lain, tergantung panjang gelombang yang disetting pada spektrofotometer. Setiap senyawa punya serapan maksimum pada panjang gelombang tertentu, panjang gelombang ini dinamakan panjang gelombang maksimum. Pada panjang gelombang maksimum, hubungan antara absorpsi dan konsentrasi senyawa bisa disetarakan. Panjang gelombang maksimum dicari lebih dahulu supaya lebih mudah mengatur range panjang gelombang analisisnya.

2.5.1 Bagian-bagian spektrofotometer

Secara garis besar spektrofotometer terdiri dari 4 bagian penting yaitu :

1) Sumber cahaya

Sebagai sumber cahaya pada spektrofotometer, haruslah memiliki pancaran radiasi yang stabil dan intensitasnya tinggi. Sumber energy cahaya biasa untuk daerah tampak, ultraviolet dekat dan inframerah

dekat adalah sebuah lampu pijar dengan kawat rambut terbuat dari wolfram (tungsten). Lampu ini mirip dengan bola lampu pijar biasa, daerah panjang gelombang (1) adalah 350-2200 nanometer (nm).

2) Monokromotor

Monokromator adalah alat yang berfungsi untuk menguraikan cahaya polikromatis menjadi beberapa komponen panjang gelombang tertentu (monokromatis) yang berbeda (terdispersi).

3) Cuvet

Cuvet spektrofotometer adalah suatu alat yang digunakan sebagai tempat contoh atau cuplikan yang akan dianalisis. Cuvet biasanya terbuat dari kwars, plexiglass, kaca, plastic dengan bentuk tabung empat persegi panjang 1×1 cm dan tinggi 5 cm, pada pengukuran di daerah UV dipakai cuvet kwarsa atau plexiglass, sedangkan cuvet dari kaca tidak dapat dipakai sebab kaca mengabsorpsi sinar UV. Semua macam cuvet dapat dipakai untuk pengukuran didaerah sinar tampak (visibel).

4) Detektor

Peranan detektor penerima adalah memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang. Detektor akan mengubah cahaya menjadi sinyal listrik yang selanjutnya akan ditampilkan oleh penampil data dalam bentuk jarum penunjuk atau angka digital (Khopkar, 2007).

2.5.2 Prinsip kerja spektrofotometer

Prinsip kerja spektrofotometer adalah bila cahaya (monokromik maupun campuran) jatuh pada suatu medium homogeny, sebagian dari sinar masuk akan dipantulkan, sebagian diserap dalam medium itu dan sisinya diteruskan dinyatakan dalam nilai absorbansi karena memiliki hubungan dengan konsentrasi sampel. Hukum Beer menyatakan absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan bahan/medium (Novitasari, 2012).

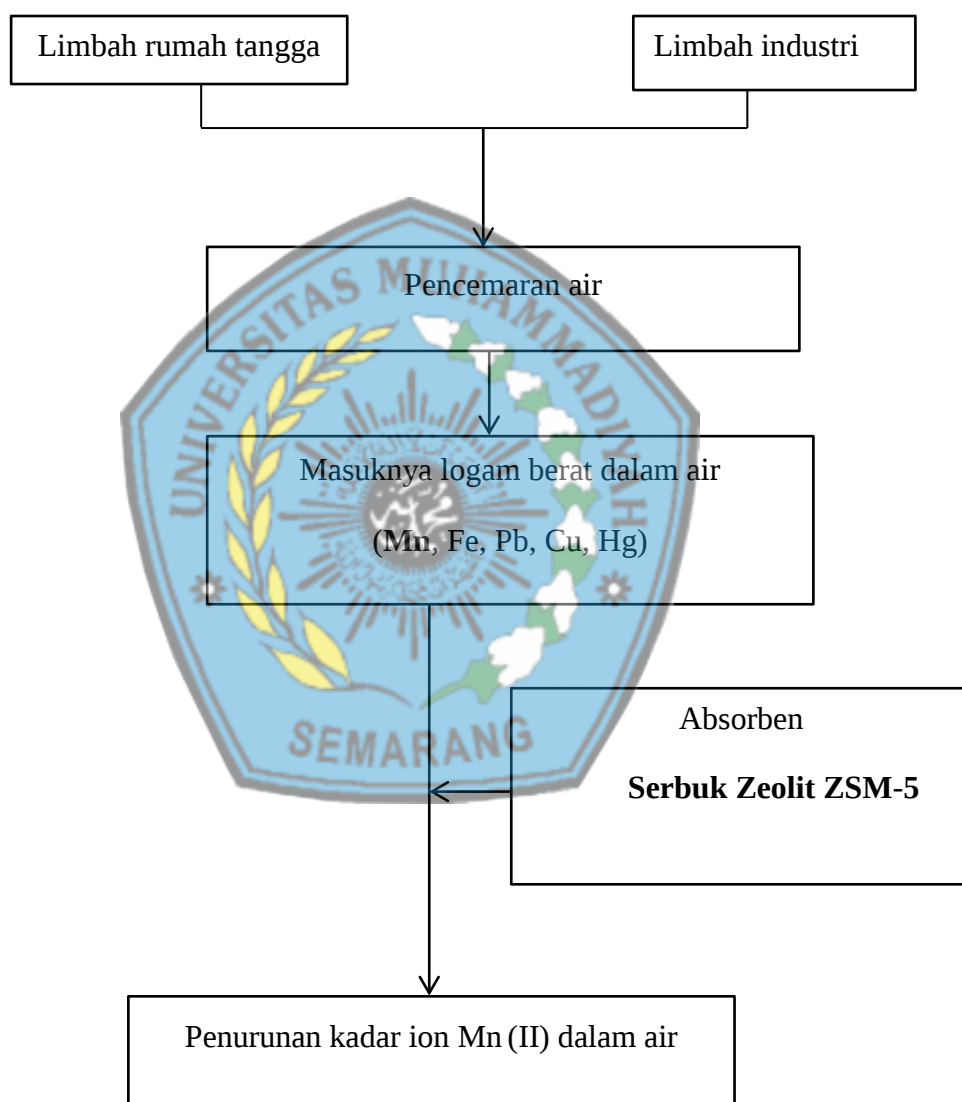
2.5.3 Keuntungan spektrofotometer

Keuntungan dari spektrofotometer adalah :

- 1) Penggunaanya luas, dapat digunakan untuk senyawa anorganik, organik dan biokimia yang diabsorpsi di daerah ultra lembayung atau daerah tampak.
- 2) Sensitifitasnya tinggi, batas deteksi untuk mengabsorpsi pada jarak 10^{-4} samapai 10^{-5} m. jarak ini dapat diperpanjang menjadi 10^{-6} sampai 10^{-7} m dengan prosedur modifikasi yang pasti.
- 3) Selektivitasnya sedang sampai tinggi, jika panjang gelombang dapat ditemukan dimana analit mengabsorpsi sendiri, persiapan pemisahan menjadi tidak perlu.
- 4) Ketelitiannya baik, kesalahan relatif pada konsentrasi yang ditemui dengan tipe spektrofotometer UV-Vis ada pada jarak dari 1% sampai 5%. Kesalahan tersebut dapat diperkecil hingga beberapa puluh persen dengan perlakuan khusus.

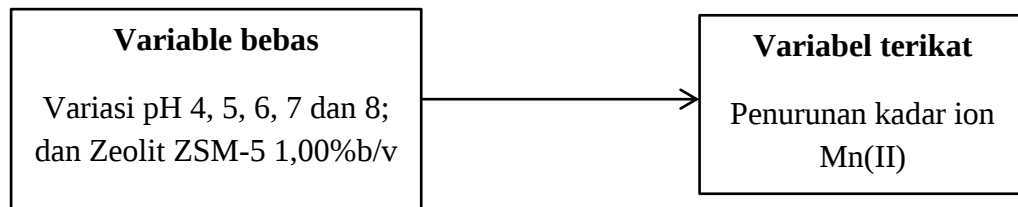
- 5) Mudah, spektrofotometer mengukur dengan mudah dan kinerjanya cepat dengan instrument modern, daerah pembacaanya otomatis (Skoong, DA, 1996).

2.6 Kerangka Teori



Gambar 3. Kerangka Teori

2.7 Kerangka Konsep



Gambar 4. Kerangka Konsep

2.8 Hipotesis

Ha : Ada pengaruh variasi pH terhadap penurunan kadar ion Mn (II) dalam air dengan penambahan serbuk Zeolit ZSM-5 berdasarkan variasi pH larutan.

