

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Pengertian Air

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat dipengaruhi dan diperlukan oleh semua makhluk hidup. Oleh karena itu, air harus dilindungi dari berbagai faktor penyebab penurunan kualitas air, supaya dapat dimanfaatkan oleh semua makhluk hidup. Namun akhir-akhir ini kualitas air yang ada semakin menurun akibat pencemaran dari kegiatan domestik, dan peleburan logam. Dapat berupa cairan, padatan (es), dan uap ataupun gas. Namun pada kondisi tertentu air dapat menjadi sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, misalnya pada kondisi geologi tertentu, proses perjalanan air tanah membutuhkan waktu yang cukup lama, sehingga jika menggunakan air secara berlebihan akan habis (Kodoatie, 2010).

Sebuah molekul air terdiri dari 1 atom oksigen yang berikatan kovalen dengan atom hidrogen dengan rumus kimia H_2O . Hidrogen dan oksigen mempunyai daya padu yang sangat besar antara keduanya. Rangkaian jarak atom-atomnya memiliki kecocokan yang begitu sempurna sehingga air menjadi senyawa alam yang mantap dan hanya bisa diuraikan oleh perantara yang paling agresif seperti energi listrik atau oleh suatu reaksi kimia (Anitasari, 2016).

Pengertian dan syarat air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Nomor 416 tahun 1990, yaitu “air bersih adalah air yang digunakan

untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak". Sedangkan syarat air bersih adalah tidak berbau, tidak berasa, tidak berwarna dan tidak mengandung logam berat seperti besi (Fe), tembaga (Cu), mangan (Mn).

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan tapi masih memungkinkan mengandung mikroorganisme dan bahan kimia yang dapat membahayakan kesehatan oleh karena itu masih perlu ada pengolahan lebih lanjut seperti dimasak terlebih dahulu sebelum diminum (Daud, 2011).

2.1.2 Sumber Air

Sumber daya air menurut Sunaryo (2004) adalah air dan semua potensi yang terdapat pada air, sumber air, termasuk sarana dan prasarana pengairan yang dapat dimanfaatkan, namun tidak termasuk kekayaan hewani yang ada didalamnya.

Menurut Sutrisno, dkk (2002) sumber-sumber air adalah sebagai berikut :

1. Air tanah, yang terdiri dari :

- a. Mata air

Yaitu air tanah yang keluar dengan sendirinya kepermukaan tanah.

- b. Air tanah dangkal

Terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan sehingga air tanah akan jernih, sebagian bakteri ikut tertahan di tanah tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang

terlarut) karena melewati lapisan tanah yang mengandung unsur-unsur tertentu.

c. Air tanah dalam

Air yang didapatkan dengan cara pengeboran dan memasukan pipa dengan kedalaman 100-300 meter sampai muncul suatu lapis air. Sumur ini disebut dengan sumur *artesis*.

d. Air permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air ini biasanya kotor karena tercemar oleh tanah, lumpur, daun-daun dan limbah industri.

e. Air laut

Air laut mempunyai sifat asin karena mengandung garam NaCl dengan kadar 3% dengan ini maka air laut tidak layak untuk dijadikan air minum.

f. Air atmosfer

Air atmosfer adalah air yang sangat bersih dengan keadaan murni karena adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran-kotoran industri, debu dan lain sebagainya. Maka untuk menjadikan air hujan sebagai sumber air minum hendaknya pada waktu menampung air hujan jangan dimulai pada saat hujan mulai turun, karena masih mengandung banyak kotoran.

2.1.3 Pencemaran Air

Berdasarkan UU No. 23 tahun 1997 tentang pengelolaan lingkungan hidup dan PP RI No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air, yang dimaksud

dengan pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi dan komponen lain kedalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu.

Parameter kualitas air dibagi menjadi empat kelompok, yaitu sifat fisik, sifat kimiawi, sifat mikrobiologis, dan sifat radioaktif. Parameter fisik antara lain warna, bau, rasa, padatan tersuspensi, daya hambat listrik dan kecerahan. Parameter kimiawi air dibagi menjadi dua yaitu organik dan anorganik. Parameter bakteriologis mencakup bakteri koliform total, koliform tinja, patogen dan virus. Parameter radioaktivitas mencakup zarah beta, ^{90}Sr dan ^{226}Ra (Daryanto, 1995).

Menurut Wardhana (1995), komponen pencemaran air yang berasal dari industri, rumah tangga (pemukiman) dan pertanian dapat dikelompokkan sebagai bahan buangan :

1. Bahan buangan padat

Bahan buangan padat adalah bahan buangan yang berbentuk padat, baik yang kasar maupun yang halus, misalnya sampah.

2. Bahan buangan organik dan olahan bahan pangan

Bahan buangan organik berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganismenya.

3. Bahan buangan anorganik

Bahan buangan ini berasal dari limbah industri. Bahan buangan anorganik biasanya sukar didegradasi oleh mikroorganismenya, umumnya berupa logam

seperti tembaga (Cu), mangan (Mn), besi (Fe). Jika masuk ke perairan maka akan meningkatkan jumlah ion logam dalam air.

4. Bahan buangan cairan berminyak

Bahan buangan cairan berminyak yang dibuang ke perairan akan mengakibatkan permukaan air tertutup oleh cairan minyak.

5. Bahan buangan berupa panas

6. Bahan buangan zat kimia

Bahan buangan zat kimia dikelompokkan menjadi :

- a. Sabun (detergen, sampo dan bahan pembersih lainnya)
- b. Bahan pemberantas hama (insektisida)
- c. Zat warna kimia

2.1.4 Indikator Pencemaran Air

Beberapa indikator terhadap pencemaran air dapat diamati dengan melihat perubahan keadaan air dari keadaan yang normal, diantaranya :

1. Adanya perubahan suhu
2. Adanya perubahan tingkat kesamaan, 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 (Situmorang, 2007).

2.1.2 Logam Tembaga

Tembaga merupakan logam transisi (golongan I B) dengan nomor atom 29, masa atom 63,546, titik lebur 1083°C , titik didih 2310°C , berwarna

kemerahan, mudah regang, dan mudah ditempa. Bagi makhluk hidup, tembaga bersifat racun. Pada keadaan kesetimbangan tidak ada lagi konsentrasi adsorbat baik di fase terserap maupun pada fase gas atau cair. Isoterm adsorpsi merupakan hal yang mendasar dalam penentuan kapasitas dan afinitas adsorpsi suatu adsorbat pada permukaan adsorben (Kundari, dkk, 2008).

Logam Cu termasuk logam berat esensial, jadi meskipun beracun tetapi sangat dibutuhkan manusia dalam jumlah yang kecil. Toksisitas yang dimiliki Cu baru akan bekerja setelah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah yang besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait (Palar, 1994). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tanggal 19 April 2010 tentang kualitas air minum, kadar maksimum Cu yang diperbolehkan adalah 2 mg/L.

Logam Cu yang masuk ke dalam tatanan lingkungan perairan dapat terjadi secara alamiah atau sebagai efek samping kegiatan manusia. Secara alamiah Cu yang masuk ke dalam perairan dari peristiwa erosi, pengikisan batuan. Sedangkan dari aktifitas manusia seperti pertambangan Cu, maupun industri galangan kapal beserta kegiatan di pelabuhan (Siska, 2009)..

2.1.3 Zeolit

Zeolit adalah mineral kristal alumina silika berpori terhidrat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi terbentuk dari tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$. Kedua tetrahedral tersebut dihubungkan oleh atom-atom oksigen, menghasilkan struktur tiga dimensi terbuka dan berongga yang didalamnya diisi

oleh atom-atom logam biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Mukaromah, dkk, 2015).

Morfologi dan sistem Kristal zeolit. Zeolit berbentuk kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung muatan positif dari ion-ion logam alkali dan tanah dalam kerangka kristal tiga dimensi, dengan setiap oksigen membatasi antara dua tetrahedral.



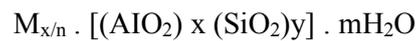
Gambar 1. Batuan Zeolit

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 : heulandit.
- c. Struktur rangka, dimana kristal yang ada memiliki dimensi yang hampir sama, contoh : kbasit (Sugiarto, 1985).

Zeolit dengan kadar Si tinggi Si/Al = 10-100 memiliki sifat yang tidak dapat diperkirakan terlebih dahulu, sangat higroskopis dan menyerap molekul non polar sehingga sangat baik digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon.

Rumus yang menyatakan komposisi molekul zeolit yaitu :



Keterangan :

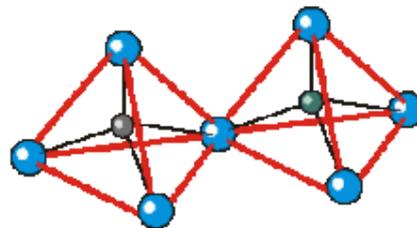
$M_{x/n}$ = kation bervalensi n seperti Na, Mg dan Ca yang menempati bagian luar kerangka

X, y, m = bilangan tertentu

n = bilangan yang menyatakan muatan ion logam

mH_2O = jumlah molekul air yang menempati posisi bagian luar kerangka

Umumnya, struktur zeolit adalah suatu polimer anorganik berbentuk tetrahedral unit TO_4 , dimana T adalah ion Si^{4+} atau Al^{3+} dengan atom O berada diantara dua atom T, seperti pada gambar



Gambar 2. Tetrahedral alumina dan silica (TO_4) pada struktur zeolit (Laz, 2005).

2.1.3.1 Jenis Zeolit

Ada dua jenis zeolit, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis, yaitu :

1. Zeolit alam

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batu-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Menurut para ahli geokimia dan mineralogi memperkirakan bahwa zeolit merupakan produk gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen dan batuan metamorfosa yang selanjutnya mengalami proses pelapukan karena pengaruh panas dan dingin (Lestari, 2010).

Sebagai produk alam, zeolit alam diketahui memiliki komponen yang sangat bervariasi, namun komponen utamanya adalah silica dan alumina. Disamping komponen utama ini, zeolit juga mengandung berbagai unsur minor, antara lain Na, K, Ca (Bogdanov, dkk, 2009), Mg dan Fe (Akimkhan, 2012).

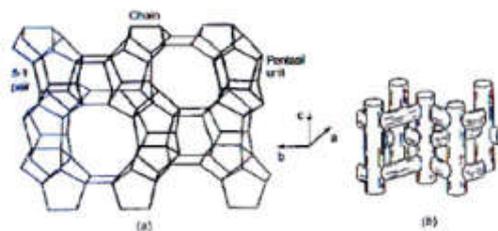
Keberadaan pengotor seperti Na, K, Ca, Mg, dan Fe dapat mengurangi aktifitas dari zeolit. Karena itu, untuk memperbaiki karakter zeolit biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu sebelum digunakan (Mockovciakova, dkk, 2007).

2. Zeolit sintetik

Zeolit sintetik adalah zeolit yang dibuat secara rekayasa sehingga didapat karakteristik yang lebih baik dari zeolit alam. Prinsip dasar pembuatan zeolit sintetik adalah komponennya yang terdiri dari silica dan alumina, sehingga dapat disintesis dari berbagai bahan baku yang mengandung kedua komponen tersebut. Salah satu contoh dari zeolit sintetis yaitu zeolit ZSM-5.

Zeolit ZSM-5 (Zeolite Secony Mobile-5) pertama diproduksi pada tahun 1972 dengan hasil yang berupa padatan dengan diameter pori-pori sekitar 5 *Angstrom* dari perbandingan Si/Al dari salah satu parameter Kristal zeolit yang pori-porinya selalu diatas 5.

Zeolit ZSM-5 tergolong kedalam mineral aluminosilika dengan rumus kimia $\text{Na}_n\text{Al}_n\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192} 16\text{H}_2\text{O}$ dan terbentuk dari beberapa unit pentasil yang membentuk rantai pentasil yang dihubungkan oleh oksigen. ZSM-5 memiliki pori sedang dengan unit sel ortorombik yang ditentukan berdasarkan jumlah ring yang membentuk selektifitasnya, pori-porinya sekitar $5,1 \times 5,5^0\text{A}$ dan $5,4 \times 5,6^0\text{A}$.



Gambar 3. (a). Kerangka ZSM-5; (b). struktur channel ZSM-5 (Mukaromah, dkk, 2015)

2.1.4 TiO₂

Titanium dioksida (TiO₂) memiliki bentuk kristal berwarna putih, mempunyai berat molekul 79,886 g/mol, massa jenis 4,23 g/cc, titik leleh 1843°C tanpa adanya oksigen dan 1892°C dengan adanya oksigen, serta mempunyai titik didih 2972°C. Kristal TiO₂ bersifat asam yang tidak larut dalam air, asam klorida, asam sulfat encer dan alkohol. Namun kristal ini larut dalam asam sulfat pekat dan asam flourida.

TiO₂ dapat dipergunakan sebagai pigmen dalam industri cat, pemutihan pada industri kosmetik, dan fotokatalis. TiO₂ dapat berfungsi sebagai fotokatalis yaitu mempercepat reaksi yang diindikasikan oleh cahaya karena mempunyai struktur semikonduktor yaitu struktur elektronik yang dikarakterisasi oleh adanya pita valensi (valence band; vb) terisi dan pita konduksi (conduction band; cb) yang kosong. Kedua pita tersebut dipisahkan oleh energi celah pita (band gap energy; Eg). Eg TiO₂ jenis anatase sebesar 3,2 eV dan jenis rutile sebesar 3,0 eV, sehingga jenis anatase lebih fotoreaktif daripada jenis rutile (Hoffmann, 1997; Fujishima, 1999).

Titanium dioksida banyak digunakan sebagai fotokatalis karena sifatnya yang stabil, tahan korosi, aman, amfipilik, dan murah. Sifat amfipilik adalah sifat yang awalnya, superhidrofilik pada permukaan TiO₂ setelah disinari UV. Sifat yang dimiliki TiO₂ ini dapat dimanfaatkan sebagai desinfeksi, *antifogging* dan *self cleaning*.

2.1.5 Fotodegradasi

Fotodegradasi (fotokatalis-degradasi) adalah suatu proses peruraian suatu senyawa dengan bantuan energi foton atau cahaya. Proses fotodegradasi membutuhkan suatu fotokatalis yang umumnya merupakan bahan semikonduktor. Prinsip fotodegradasi yaitu adanya loncatan elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada bahan semikonduktor ketika dikenai suatu energi foton.

Loncatan elektron tersebut menyebabkan terbentuknya hole (lubang elektron) yang dapat berinteraksi dengan pelarut air membentuk radikal OH (Fatimah dan Wijaya, 2005). Reaksi fotokatalis melibatkan pasangan electron-hole (e^- dan h^+). Jika suatu semikonduktor tipe *nd* dikenai cahaya ($h\nu$) dengan energi yang sesuai, maka elektron (e^-) pada pita valensi akan pindah ke pita konduksi, dan meninggalkan lubang positif (*hole*) pada pita valensi (Agusty, 2012).

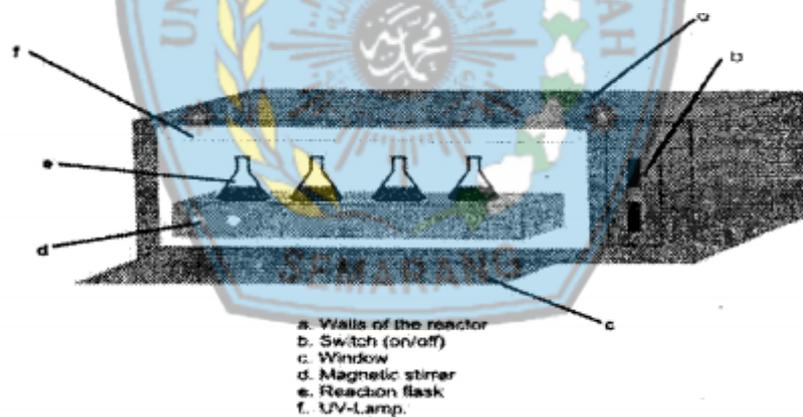
2.1.6 Zeolit ZSM-5 Terimpregnasi TiO_2

Kerja TiO_2 dapat ditingkatkan dengan cara mengimpregnasikan TiO_2 ke dalam media pendukung seperti zeolit ZSM-5. Penelitian yang dilakukan oleh Prima (2012) mengenai penggunaan TiO_2 terimpregnasi zeolit untuk mendegradasi zat warna congo red. 1 gram TiO_2 diimpregnasi pada 20 gram zeolit diperoleh hasil penurunan zat warna congo red sebesar 81,66%. Penelitian ini diadopsi dari penelitian Prima (2012), namun dengan perbedaan pada penggunaan zeolit untuk adsorpsi zat warna congo red. Pada penelitian ini Zeolit ZSM-5 digunakan untuk menangani limbah yang mengandung logam Cu(II).

2.1.7 Fotodegradasi larutan Cu (II) menggunakan TiO₂-ZSM-5

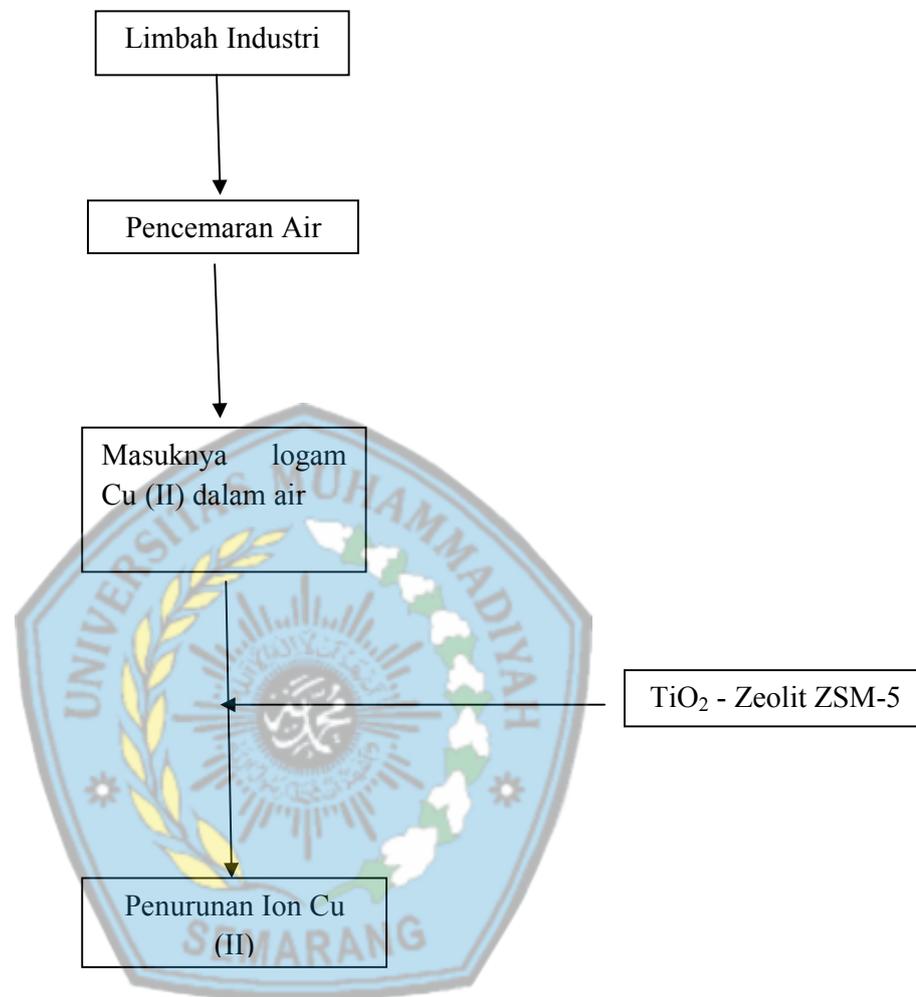
Reaksi fotodegradasi terkatalisis memerlukan empat komponen utama yaitu sumber cahaya (foton), senyawa target, oksigen dan fotokatalis. Dalam penelitian ini menggunakan reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk magnetik P.N. 510-652 dan lampu UV 40 watt dengan panjang gelombang 254 nm, senyawa target adalah Cu (II) dalam sampel air dan fotokatalis TiO₂-ZSM-5.

Fotodegradasi Cu (II) dengan TiO₂-ZSM-5 ini dilakukan dengan bantuan penyinaran, dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* agar reaksi fotodegradasi berlangsung secara lebih merata. Seperti pada gambar di bawah ini:



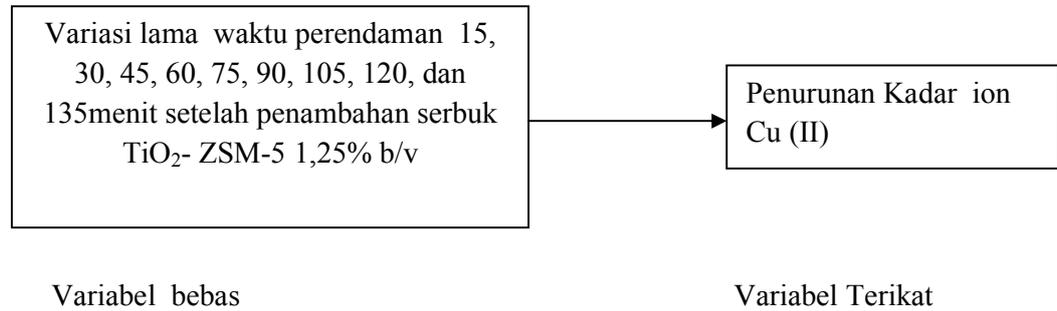
Gambar 3. Reaktor Degradasi Cu (II) dengan TiO₂-ZSM-5.

2.2 Kerangka Teori



Gambar 4. Kerangka Teori

2.3 Kerangka Konsep



Gambar 5. Kerangka Konsep

2.4 Hipotesis

Ha : Ada pengaruh variasi waktu perendaman Cu (II) setelah penambahan serbuk TiO₂- ZSM-5 terhadap penurunan kadar ion Cu (II) dalam air.

