

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Limbah

Limbah merupakan hasil dari sebuah buangan dari proses produksi baik domestik maupun non domestik yang biasanya banyak dikenal sebagai sampah yang tidak memiliki nilai ekonomis. Limbah domestik merupakan hasil buangan yang berasal dari limbah rumah tangga seperti mandi, kakus, dapur, tempat cuci dan sebagainya. Secara kuantitatif limbah ini bisa berupa padat atau cair yang berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan jika dikonsumsi, sedangkan limbah non domestik biasanya berasal dari pestisida serta limbah industri yang mengandung zat berbahaya seperti pewarna tekstil dan logam berat. Limbah ini dapat menyebabkan dampak yang negatif bagi kesehatan jika air yang digunakan sudah tercemar, maka harus dilakukan penanganan yang tepat (Anitasari, 2016).

Limbah logam berat banyak terdapat didalam beberapa limbah industri kimia. Misalnya pada industri elektroplating, metalurgi, smelting dan lain-lain. Logam-logam berat yang dihasilkan antara lain nikel, merkuri, tembaga, krom, timbal, seng, cadmium dll. Logam berat dalam limbah biasanya berada dalam berbagai kondisi seperti : tidak larut, terlarut, anorganik, tereduksi, teroksidasi, logam bebas, terpresipitasi, terserap. Logam tembaga banyak dihasilkan oleh industri elektroplating. Limbah-limbah tersebut dapat menyebabkan pencemaran apabila dibuang dan melebihi ambang batas yang diperbolehkan (Suprihatin dan Erriek, 2012)

2.1.2 Air

Air merupakan penyusun utama dan selalu ada dalam setiap bahan pangan. Manusia dapat hidup tanpa air selama kurang lebih tiga hari. Untuk menciptakan suatu lingkungan hidup manusia yang bersih dan sehat tanpa persediaan air bersih yang cukup, mustahil akan tercapai (Allafa, 2008).

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).

2.1.2.1 Sumber Air

Sumber daya air menurut Sunaryo dkk (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

Mata air yaitu air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah.

b. Air tanah dangkal

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 tanah dalam adalah 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*.

2. Air permukaan

Air permukaan merupakan air hujan yang mengalir dipermukaan bumi. Air ini biasanya kotor karena tercemar oleh tanah, lumpur, daun-daun dan limbah industri. Terdapat 2 macam air permukaan, yaitu :

a. Air sungai

b. Air rawa/danau

3. 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.

4. 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.

2.1.2.2 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.

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 mikroorganisme

3. Bahan buangan anorganik

Bahan buangan ini berasal dari limbah industri. Bahan buangan anorganik biasanya sukar didegradasi oleh mikroorganisme, 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
- d. Zat radioaktif

2.1.3 Logam Tembaga (Cu)

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. Adsorpsi isoterm 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, 2004). 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.

2.1.3.1 Toksisitas Logam Cu (II)

Selain mempunyai banyak manfaat, tembaga juga memiliki bahaya bagi makhluk hidup, diantaranya dapat menyebabkan berbagai penyakit dan mencemari sumber daya air. Konsumsi Cu dalam jumlah yang sangat besar dapat menyebabkan gejala-gejala akut seperti : mual, sakit perut, hemolisis, nefrosis, kejang, dan dapat menyebabkan kematian (Kompas.com, 2008)

Pada manusia keracunan Cu (II) secara kronis dapat dilihat dengan timbulnya penyakit Wilson dan Kinsky. Gejala dari penyakit Wilson terjadi kerusakan pada otak serta terjadi penurunan kerja dari ginjal dan pengendapan Cu (II) pada kornea mata, sedangkan penyakit Kinsky dapat diketahui dengan terbentuknya rambut yang kaku dan berwarna kemerahan pada penderita. Sementara itu pada hewan seperti kerang, bila dalam tubuhnya telah terakumulasi dalam jumlah tinggi, maka bagian otot tubuhnya akan memperlihatkan warna

kehijauan. Hal itu dapat menjadi petunjuk apakah kerang tersebut masih bisa dikonsumsi oleh manusia (Yeni, 2012).

2.1.3.2 Keberadaan Logam Cu (II) di Dalam Tubuh

Mineral Cu yang terkandung dalam tubuh diperkirakan sekitar 1,5 sampai 2,5 mg per Kg/berat badan bebas lemak. Pada jaringan tubuh baik dalam hati, otak, jantung, dan ginjal mengandung Cu yang tinggi dibanding dengan jaringan lain (BSN, 2004).

Meskipun bersifat racun namun logam Cu (II) juga mempunyai beberapa fungsi didalam tubuh yaitu merupakan elemen esensial yang sangat penting bagi protein, metalo enzim, beberapa pigmen yang ada di alam dan untuk sintesis hemoglobin serta pembentukan tulang. Tembaga dalam jumlah kecil di perlukan oleh tubuh untuk pertumbuhan sel-sel darah merah (Arifin, 2007)

2.1.4 TiO₂ yang Terimpregnasi ke Dalam Zeolit ZSM-5

2.1.4.1 Zeolit

Zeolit merupakan mineral yang istimewa karena struktur kristalnya mudah diatur, sehingga dapat dimodifikasikan sesuai dengan keperluan pemakai dan dapat digunakan untuk tujuan tertentu. Karena keistimewaannya itu, zeolit dapat dimanfaatkan untuk keperluan tertentu seperti penukar ion, adsorben dan katalisator (Sulardjaka dan Fitriyana, 2012)

Zeolit adalah mineral kristal alumina silica 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)

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 :

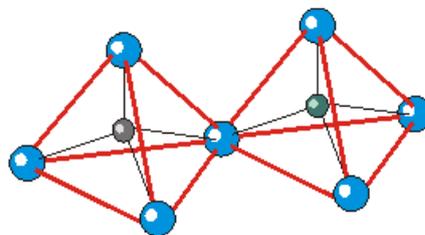
$M_{x/n}$ = kation bervalensi n seperti Na, Mg dan Ca yang menempati bagian luar kerangka

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

1. Jenis-jenis zeolit

Ada dua jenis zeolit, yaitu zeolit alam dan zeolit sintesis, 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 diperkirakan 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 sintesis yaitu zeolit ZSM-5 (Yuliyati dkk, 2011)

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 (Dwi, 2016)

Zeolit ZSM-5 tergolong kedalam mineral aluminosilika dengan rumus kimia $\text{Na}_n.\text{Al}_n.\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ 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 $5,1 \times 5,5^\circ \text{A}$ dan $5,4 \times 5,6^\circ \text{A}$.



Gambar 2. (a). kerangka ZSM-5
(b).Struktur *channel* ZSM-5 (Mukaromah dkk, 2015)

2.1.4.2 TiO_2

Titanium dioksida (TiO_2) 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 TiO_2 bersifat asam yang tidak larut dalam air, asam klorida, asam sulfat encer dan alkohol. Namun kristal ini larut dalam asam sulfat pekat dan asam florida.

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 energi; 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)

TiO₂ yang bersifat semikonduktor ini dapat digunakan untuk proses fotodegradasi. 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. Radikal •OH bersifat aktif dan dapat menguraikan senyawa organik yang diinginkan (Fatimah dan Wijaya, 2005). Proses fotodegradasi secara ilmiah dengan cahaya matahari biasanya berlangsung lambat. Oleh karena itu telah dikembangkan berbagai macam fotokatalis untuk mempercepat proses fotodegradasi.

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 TiO_2 ini dapat dimanfaatkan sebagai desinfeksi, *antifogging* dan *self cleaning*.

2.1.4.3 ZSM-5 Terimpregnasi TiO_2

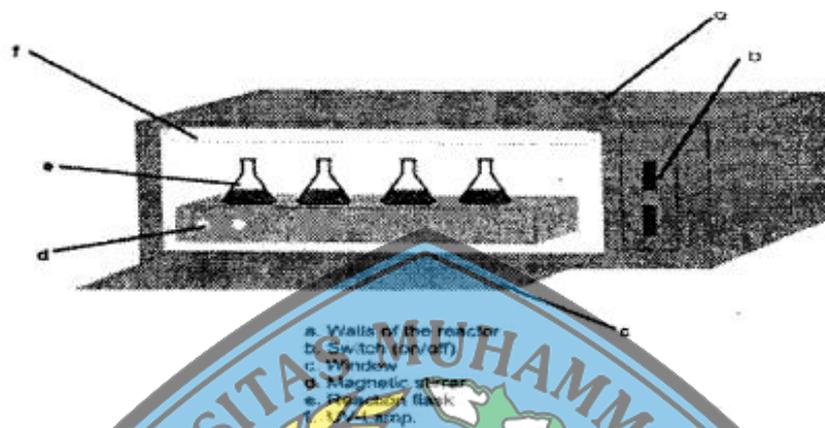
Kerja ZSM-5 dapat ditingkatkan dengan cara mengimpregnasikan ZSM-5 ke dalam media pendukung seperti TiO_2 . TiO_2 yang diimpregnasikan ke dalam ZSM-5 memiliki fungsi ganda yaitu sebagai adsorben (dari sifat ZSM-5 yang berpori dan memiliki kation yang dapat dipertukarkan) serta sebagai fotokatalis.

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).

2.1.4.4 Fotodegradasi larutan Cu(II) menggunakan TiO_2 - ZSM-5

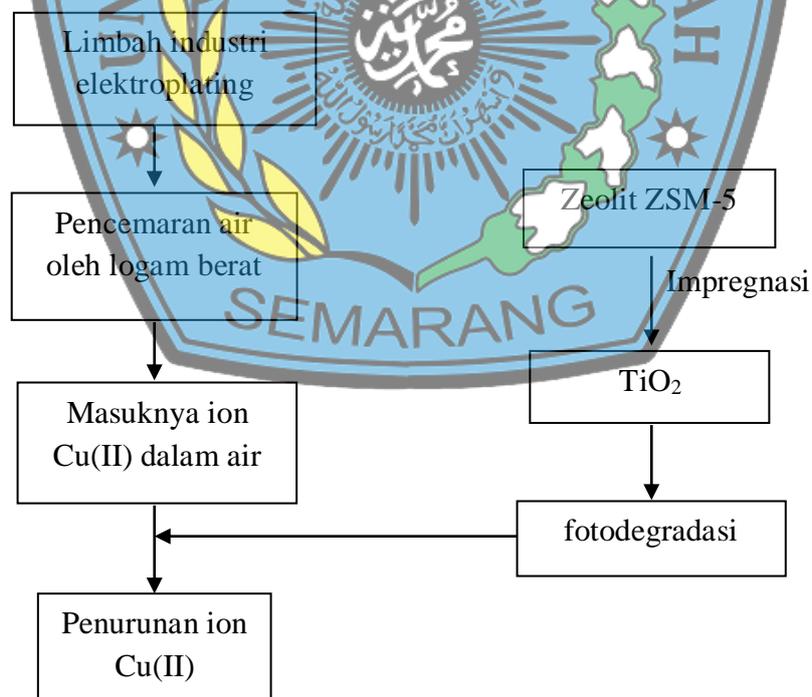
Reaksi fotodegradasi terkatalisis memerlukan empat komponen utama yaitu sumber cahaya (foton), senyawa target, oksigen dan fotokatalis. Dalam penelitian ini menggunakan reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk magnetik P.N. 510-652 dan lampu UV 40 watt dengan panjang gelombang 254 nm, senyawa target adalah Cu(II) dalam sampel air dan fotokatalis TiO_2 - 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:



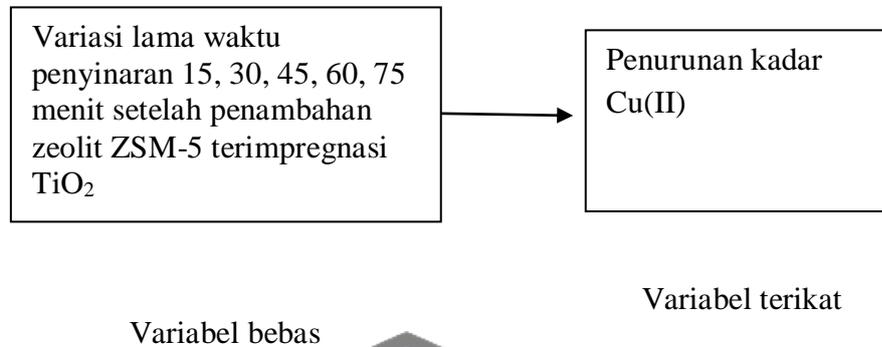
Gambar 3. Reaktor degradasi Cu(II) dengan TiO₂-ZSM-5 (Ingrid dkk, 2015)

2.2 Kerangka Teori



Gambar 4. Kerangka Teori

2.3 Kerangka Konsep



Gambar 5. Kerangka Konsep

2.4 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah

H_a : Ada pengaruh variasi lama waktu penyinaran UV setelah penambahan TiO₂-ZSM-5 0,25% b/v terhadap kadar ion Cu (II) dalam air.

