

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Lumpur Pengolahan Air Limbah

Kullenberg (1985) menyatakan bahwa lumpur limbah adalah suatu produk yang tidak dapat dihindarkan dari pengolahan air limbah. Jadi, produksi lumpur limbah tidak dapat dihentikan dan ini menyebabkan setiap negara mencari metode pembuangan yang dapat diterima oleh lingkungan dan bersifat ekonomis. Ada 3 cara pokok pembuangan lumpur limbah, yaitu : pembuangan ke tanah, dengan pembakaran dan pembuangan ke laut melalui pipa saluran atau kapal pengangkut sampah.

Menurut Sugiharto (1987), jumlah dan sifat lumpur air limbah sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain : jenis limbah itu sendiri, tipe atau jenis pengolahan air limbah yang diterapkan dan metode pelaksanaan. Jenis limbah meliputi limbah rumah tangga, limbah industri, dan limbah rumah sakit, baik berupa limbah padat maupun limbah cair. Tipe atau jenis pengolahan air limbah meliputi pengolahan pendahuluan (pretreatment), pengolahan pertama (primary treatment), pengolahan kedua (secondary treatment), pengolahan ketiga (tertiary treatment), pembunuhan bakteri (desinfektan) dan pengolahan lanjutan (ultimate disposal). Adapun metode pelaksanaan meliputi waktu, tempat, sarana dan cara kerja yang digunakan selama pengolahan air limbah maupun lumpur limbah.

Pada setiap berat kering lumpur aktif terkandung sekitar 50% bahan organik, 5% N, 5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,5% K<sub>2</sub>O dan bermacam-macam elemen penting seperti Mg, Zn, Mn, Ni, Co dan lain-lain. Ini merupakan komposisi yang mirip dengan pupuk organik yang sebanding dengan pupuk pertanian yang mempunyai kualitas bagus (Rehm and Reed, 1986). Selain kandungan bahan kimia seperti yang telah disebutkan di atas, Kullenberg (1985) menyatakan bahwa dalam lumpur limbah juga mengandung mikroorganisme, baik yang patogen maupun yang non patogen. Jumlah dan tipe patogen dalam lumpur limbah belum diketahui dengan pasti. Hal ini dikarenakan oleh berbagai hal, antara lain : macam pengolahan, timbulnya populasi makhluk hidup, musim, dan kurangnya ketelitian dan standarisasi metode yang digunakan dalam isolasi dan penghitungan organisme patogen. Menurut Kullenberg (1985), Neis (1993), Greenberg et al. (1985) dan Reed et al. (1976), ada 4 kelompok organisme patogen yang biasa ditemukan dalam lumpur limbah, yaitu :

1. Bakteria, terutama *Salmonella* sp.
2. Telur cacing parasitik, seperti cacing pita (*Taenia saginata* dan *Taenia solium*), telur cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) dan telur cacing cambuk (*Trichuris trichiura*).
3. Virus, terutama *Enterovirus*.
4. Protozoa, seperti *Giardia intestinalis*.

Penggunaan lumpur limbah sebagai pupuk pertanian harus mempertimbangkan kandungan organisme patogen dalam lumpur limbah. Pengurangan jumlah organisme dapat terjadi selama proses penguraian anaerob,

tetapi organisme ini tidak rusak sama sekali. Untuk itu, perlu suatu pengolahan lumpur limbah dengan pembakaran atau dengan penambahan kalsium hidroksida  $[Ca(OH)_2]$  pada lumpur yang akan mengurangi resiko organisme patogen (Jorgensen and Johnsen, 1989).

Menurut Manahan (1994), penambahan kapur pada lumpur dalam jumlah yang cukup dapat meningkatkan pH menjadi 12 atau lebih yang dapat menghancurkan organisme patogen. Dengan demikian, pengolahan lumpur limbah dengan kalsium hidroksida yang dapat menaikkan pH lumpur menjadi 12 atau lebih diperkirakan dapat menghancurkan organisme patogen termasuk telur cacing parasitik.

## 2.2. Telur Cacing Parasitik

Telur cacing parasitik yang biasa ditemukan dalam lumpur pengolahan air limbah adalah telur dari cacing yang termasuk dalam kelas Trematoda, Cestoidea dan kelas Nematoda.

### a. Kelas Trematoda

Semua cacing yang termasuk ke dalam kelas ini bersifat parasitik, melekat pada tubuh hospes dengan alat-alat penghisapnya yang dilengkapi dengan gigi-gigi chitin. Salah satu contoh Trematoda yang berbahaya adalah *Fasciola hepatica* yang dalam keadaan dewasa hidup di dalam ductus biliferus dalam hepar domba, sapi, babi dan kadang-kadang pada manusia (Radiopetro, 1983).

b. Kelas Cestoidea

Contoh yang termasuk ke dalam kelas ini adalah *Taenia solium*, *Taenia saginata*, dan *Echinococcus granulosus*. Ketiga jenis cacing ini hidup dalam tubuh hospes intermedier yaitu babi untuk *Taenia solium*, sapi untuk *Taenia saginata* dan anjing untuk *Echinococcus granulosus*. Penularan kepada manusia terjadi apabila telur infeksi dari cacing-cacing ini tertelan oleh manusia, atau melalui daging hospes yang terinfeksi yang dimakan manusia dalam keadaan setengah matang.

c. Kelas Nematoda

Nematoda termasuk ke dalam “Soil Transmitted Helminths” (STH), yaitu cacing yang cara penularannya melalui tanah, artinya di alam luar telur cacing akan mengalami pematangan menjadi bentuk yang infeksi baik berupa telur infeksi atau larva infeksi, yang kemudian dapat menular kepada manusia yang merupakan hospesnya (Brown, 1989; Oediarso dkk, 1991; dan Bintoro, 1981 dalam Rochmad, 1995).

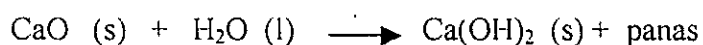
Menurut Parjatmo (1979), salah satu contoh nematoda adalah *Ascaris lumbricoides* yang tergolong jenis terbesar di antara jenis nematoda parasit lain, yang hidup di usus halus manusia. *Ascaris* ini mempunyai kemampuan berbiak yang besar. Cacing betina yang telah dewasa setiap hari menghasilkan telur sebanyak 200.000 butir. Lebih lanjut dinyatakan bahwa seseorang yang di dalam ususnya terdapat sepasang *Ascaris lumbricoides*, dalam setiap gram fesesnya akan terdapat 2.000 telur cacing tersebut.

Peristiwa perkembangan dari telur *Ascaris* ini hanya dapat berlangsung pada tanah yang basah yang cukup mengandung oksigen dengan suhu lingkungan di atas 15<sup>0</sup> C. Jika kondisi lingkungan yang demikian tidak tercapai, proses pembentukan embrio akan ditangguhkan, tetapi sel telur itu masih tetap hidup, sehingga mampu memulai lagi proses pembentukan embrionya apabila keadaan lingkungan telah berubah menjadi baik.

Berbagai faktor antara lain jenis tanah, kelembaban tanah dan sinar matahari mempunyai peranan dalam pertumbuhan bentuk infeksius, di samping spesies itu sendiri. Karena itu, waktu yang diperlukan untuk mencapai bentuk yang infeksius sangat bervariasi. Tanah liat merupakan media yang baik untuk *Ascaris lumbricoides* dan *Trichuris trichiura*, sedang tanah berpasir sangat baik untuk cacing tambang dan *Strongyloides stercoralis*. Telur *Ascaris lumbricoides* dan *Trichuris trichiura* tidak dapat berkembang baik di tanah liat yang keras (Hendratno, 1995).

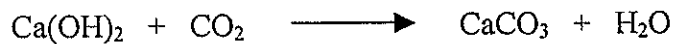
### 2.3. Kalsium Hidroksida [Ca(OH)<sub>2</sub>]

Campbell (1968) menyatakan bahwa kalsium hidroksida [Ca(OH)<sub>2</sub>] merupakan metal hidroksida yang bukan termasuk basa kuat. Lebih lanjut dinyatakan oleh Timm (1966) dan Foster (2001) bahwa kalsium hidroksida diperoleh dari reaksi antara kapur (CaO) dan air sesuai reaksi :



Reaksi ini bersifat eksotermik, artinya menghasilkan energi berupa panas. Nyakpa dkk (1988) menambahkan bahwa kalsium hidroksida berbentuk tepung berwarna putih dan sering dikenal sebagai kapur tembok.

Menurut Poerwowidodo (1992), kemurnian kapur tembok ini sekitar 95 – 96% dan mudah menjadi karbonat mengikuti reaksi :

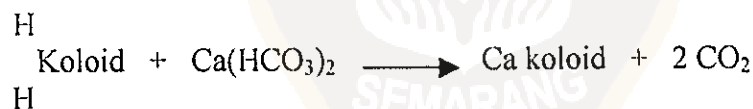


Perubahan menjadi karbonat ini terjadi jika bahan kapur tembok dibiarkan terbuka dalam udara lembab.

Kalsium hidroksida dapat menetralkan tanah yang asam. Menurut Hakim (1986), kapur yang diberikan dalam tanah akan bereaksi dengan air yang mengandung  $\text{CO}_2$  dan dengan koloid tanah. Reaksi dengan  $\text{H}_2\text{CO}_3$  adalah :



Reaksi dengan koloid adalah :



Djoehana (1986) menyatakan bahwa kehalusan bahan kapur akan menentukan cepat lambatnya reaksi kapur dalam tanah. Semakin halus bahan

kapur, semakin cepat reaksinya dengan tanah. Cara pengapuran untuk menaikkan pH tanah yang paling umum adalah dengan cara ditebar atau disemprotkan.

Kussrow (1971 dalam Hakim 1986) mengemukakan bahwa bahan penting dari kapur untuk menetralkan kemasaman tanah adalah ion  $\text{CO}_3^{=}$  dan  $\text{OH}^-$  yang dihasilkannya. Ion  $\text{CO}_3^{=}$  mempunyai kemampuan dalam menarik ion  $\text{H}^+$  dari koloid tanah. Sedangkan untuk mengusir  $\text{Al}^{3+}$  diperlukan ion  $\text{OH}^-$ . Setelah ion  $\text{Al}^{3+}$  bersenyawa dengan ion  $\text{OH}^-$  membentuk gipsit  $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ , barulah koloid ditempati oleh Ca. Melalui proses tersebut terjadilah netralisasi kemasaman, baik yang bersumber dari ion  $\text{H}^+$  maupun dari ion  $\text{Al}^{3+}$ .

Pemberian kapur pada tanah akan meningkatkan pH (menurunkan keasaman), sehingga ketersediaan unsur hara Ca sebagai unsur hara makro bagi tanaman akan meningkat dan secara tidak langsung hara P, Mo dan penambatan N udara juga meningkat. Berkurangnya keasaman dan bahaya keracunan Al, Fe dan Mn, meningkatnya ketersediaan hara serta aerasi yang baik merupakan keadaan yang memungkinkan akar tanaman tumbuh dan berkembang dengan baik (Nyakpa dkk, 1988).

Pemberian kapur pada lumpur limbah akan mampu menghilangkan bau pada lumpur limbah, dan dapat berfungsi sebagai desinfektan yang murah. Neis (1993) menyatakan bahwa penggunaan kapur pada air limbah akan menyebabkan hancurnya sel-sel organisme (pada pH tinggi), yang berarti bahwa kapur merupakan desinfektan yang baik, karena tidak hanya membunuh bakteri, tetapi juga mampu membunuh virus. Lebih lanjut dinyatakan bahwa pemberian kapur pada air limbah sehingga pH air limbah menjadi 9,0 akan menyebabkan

terjadinya pengurangan patogen sebanyak  $\leq 80\%$  dari total patogen, pada pH 9,0 - 10,5 sebanyak  $\leq 97\%$  dan pada pH 10,5 sebanyak  $\leq 99,9\%$ .

Penggunaan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  sebagai koagulan dalam lumpur limbah berfungsi untuk :

1. Mempercepat pengurangan air (“dewatering”) sehingga lumpur lebih cepat dapat dimanfaatkan (Perry and Green, 1984; Foster, 2001).
2. Mengurangi bau busuk dari lumpur limbah (Ehlers and Steel, 1958; Culp et al, 1978; Metcalf and Eddy, 1991; Foster, 2001).
3. Memperbaiki kondisi lumpur yang asam, sehingga dengan dosis tertentu dapat menjadikan pH lumpur menjadi netral (Anonim, 1998).
4. Menghilangkan atau mengurangi organisme patogen yang terkandung dalam lumpur limbah terutama kandungan telur cacing parasitik (Culp et al, 1978; Jorgensen and Johnsen, 1989; Foster, 2001).

#### **2.4. Pemanfaatan Lumpur Limbah sebagai Pupuk**

Menurut Neis (1993), manfaat air limbah untuk pertanian ialah sebagai sumber zat hara anorganik (N, P, Ca), unsur-unsur seperti K, Na, dan sebagainya, bahan organik dan air irigasi. Lumpur limbah sebagai hasil samping dari pengolahan air limbah juga dapat dimanfaatkan untuk pupuk pertanian. Hal ini dijelaskan oleh Rehm and Reed (1986) dan Doe (1981 dalam Kullenberg, 1985) bahwa pada setiap berat kering lumpur aktif berisi sekitar 50% bahan organik, 5% N, 5%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 0,5%  $\text{K}_2\text{O}$  dan bermacam-macam elemen penting



seperti Mg, Zn, Mn, Ni, Co dan lain-lain. Komposisi lumpur limbah seperti ini mirip pupuk organik yang sebanding dengan pupuk pertanian yang mempunyai kualitas bagus. Metcalf and Eddy (1991) menambahkan bahwa lumpur limbah dapat digunakan sebagai salah satu sumber untuk meningkatkan karakteristik tanah, karena lumpur limbah dapat bertindak sebagai pemelihara tanah, yaitu untuk mempermudah transport nutrisi dan untuk meningkatkan penyimpanan air. Dengan demikian, lumpur limbah dapat menggantikan penggunaan pupuk kimia yang harganya mahal.

Salah satu pembuangan lumpur limbah adalah pembuangan ke tanah. Hal ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu menebarkan lumpur di atas permukaan tanah dan memasukkan lumpur limbah ke dalam tanah. Lumpur limbah ini biasanya bersifat asam, maka sebelum dibuang ke tanah, lumpur harus dicampur dengan kapur terlebih dahulu agar tidak meracuni tanaman (Kamala and Rao, 1993).

Lund (1980 dalam Neis 1993) memberikan saran untuk pengolahan lumpur limbah ditinjau dari virologi untuk berbagai tujuan. Ia menyebutkan bahwa pengolahan lumpur dengan kapur digunakan untuk tanah penimbun (land fill), ditebarkan di hutan baik sebagai tanah penimbun maupun sebagai pupuk alami, digunakan untuk menanam tanaman yang tidak dimakan oleh manusia seperti rumput, atau tanaman yang dimakan oleh manusia tetapi harus dimasak lebih dahulu, dan untuk ternak ikan, misalnya untuk ternak belut dan ikan lele.

Neis (1993) menyatakan bahwa suatu alat atau tempat pengolahan primer yang dapat bekerja dengan baik diharapkan dapat memisahkan sekitar 50%

patogen dari air limbah, hanya harus diingat bahwa lumpur limbah akan mengandung konsentrasi yang jauh lebih tinggi daripada air limbah yang telah diolah. Hal ini disebabkan karena pengolahan primer bertujuan untuk memisahkan fase padat dan fase cairan pada air limbah. Sebagai pemisahannya biasanya digunakan garam besi atau alumunium. Pada pengolahan ini terjadi pemisahan organisme dari air limbah, sehingga organisme patogen dalam air limbah dapat berkurang, tetapi sebenarnya hal ini merupakan pemindahan organisme ke dalam lumpur limbah, yaitu melalui zat-zat padat yang terlarut.

