

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Air

Menurut Surat Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan kualitas air dan Pengendalian Pencemaran air, , pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain kedalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Menurut Sunu (2001), pencemaran air yaitu masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan komponen lain kedalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan kegunaannya. Bumi merupakan satu-satunya planet yang memiliki air, yang merupakan sumber kehidupan bagi makhluk hidup. Pencemaran air dapat menyebabkan pengaruh berbahaya bagi organisme, populasi, komunitas dan ekosistem. Tingkatan pengaruh pencemaran air terhadap manusia dikelompokkan sebagai berikut (Soegianto,2005) :

1. Kelas 1 : Gangguan estetika (bau, rasa, pemandangan).
2. Kelas 2 : Gangguan atau kerusakan terhadap harta benda.
3. Kelas 3 : Gangguan terhadap kehidupan hewan dan tumbuhan.
4. Kelas 4 : Gangguan terhadap kesehatan manusia.
5. Kelas 5 : Gangguan pada sistem reproduksi dan genetik manusia.

6. Kelas 6 : Gangguan terhadap Kerusakan ekosistem

2.2. Limbah Cair Tahu

8

Limbah tahu berasal dari buangan atau sisa pengolahan kedelai menjadi tahu yang terbuang karena tidak terbentuk dengan baik menjadi tahu sehingga tidak dapat dikonsumsi. Limbah tahu terdiri atas dua jenis yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah cair merupakan bagian terbesar dan berpotensi mencemari lingkungan. Limbah ini terjadi karena adanya sisa air tahu yang tidak menggumpal, potongan tahu yang hancur karena proses penggumpalan yang tidak sempurna serta cairan keruh kekuningan yang dapat menimbulkan bau tidak sedap bila dibiarkan (Nohong, 2010).

Limbah industri tahu pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) bentuk limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat pabrik pengolahan tahu berupa kotoran hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai, dan benda padat lain yang menempel pada kedelai) dan sisa saringan bubur kedelai yang disebut dengan ampas tahu. Limbah padat yang berupa kotoran berasal dari proses awal (pencucian) bahan baku kedelai dan umumnya limbah padat yang terjadi tidak begitu banyak (0,3% dari bahan baku kedelai). Sedangkan limbah padat yang berupa ampas tahu terjadi pada proses penyaringan bubur kedelai. Ampas tahu yang terbentuk besarnya berkisar antara 25-35% dari produk tahu yang dihasilkan (Kaswinarni, 2007).

Limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, penyaringan dan

pengepresan atau pencetakan tahu. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih. Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. Limbah ini sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari lingkungan (Kaswinarni, 2007).

2.3. Kandungan Limbah Cair Tahu

Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik yang tinggi terutama protein dan asam-asam amino. Adanya senyawa-senyawa organik tersebut menyebabkan limbah cair industri tahu mengandung BOD, COD, dan TSS yang tinggi (Husin, 2003).

Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam limbah industri cair tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik tersebut dapat berupa protein, karbohidrat dan lemak. Senyawa protein memiliki jumlah yang paling besar yaitu mencapai 40%-60%, karbohidrat 25%-50%, dan lemak 10%. Bertambah lama bahan-bahan organik dalam limbah cair tahu, maka volumenya semakin meningkat (Sugiharto, 1994).

Gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah cair tahu adalah oksigen (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), karbondioksida (CO_2), dan metana (CH_4). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat dalam limbah cair tersebut (Herlambang, 2005).

2.4. Parameter pencemaran Limbah Cair Tahu

Menurut Warlina (2007), parameter yang digunakan untuk menunjukkan karakter air buangan industri tahu adalah :

1. Parameter fisika seperti kekeruhan, suhu, zat padat, bau dan lain-lain.
2. Parameter kimia, dibedakan atas kimia organik dan kimia anorganik

Kandungan organik (BOD,COD), oksigen terlarut (DO), minyak atau lemak, nitrogen total dan lain-lain. Beberapa karakteristik limbah cair tahu yang penting yaitu :

a. TSS (*Total Suspended Solid*)

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat langsung mengendap terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, tanah liat dan lain –lain. Misalnya, air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk suspensi yang dapat bertahan sampai berbulan-bulan, kecuali jika keseimbangannya terganggu oleh zat-zat lain sehingga mengakibatkan terjadinya penggumpalan yang kemudian diikuti dengan pengendapan. Padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam air sehingga akan mempengaruhi regenerasi oksigen serta fotosintesis (Kristanto, 2002).

Air buangan industri mengandung jumlah padatan tersuspensi dalam jumlah yang sangat bervariasi tergantung dari jenis industrinya. Air buangan dari industri

makanan, terutama industri fermentasi, dan industri tekstil sering mengandung padatan tersuspensi dalam jumlah yang relatif tinggi (Fardiaz, 1992).

Padatan tersuspensi (TSS) suatu sampel air adalah jumlah bobot bahan yang tersuspensi dalam suatu volume air tertentu, biasanya dinyatakan dalam miligram per liter atau ppm. Jumlah padatan tersuspensi dalam air dapat diukur dengan *Turbidimeter* (Kristanto, 2002).

TSS berhubungan erat dengan kekeruhan air. Semakin tinggi nilai TSS, air akan semakin keruh. Hal ini dapat mengakibatkan terhalangnya sinar matahari yang akan masuk ke dalam air, sehingga fotosintesis akan terganggu dan berdampak pada turunnya kadar oksigen terlarut. Kadar oksigen terlarut yang turun akan banyak mengganggu aktivitas kehidupan makhluk hidup (Fachrurozi dkk, 2010).

Menurut Suhardjo (2008), proses untuk menghilangkan padatan tersuspensi (TSS) dalam air limbah adalah proses flokuasi, sedimentasi, dan proses filtrasi. Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air sedangkan yang lebih ringan akan ikut terbawa oleh air dan tertahan oleh tanaman lalu mengendap. Sedangkan partikel yang lebih kecil lagi akan terserap pada lapisan biofilm yang menempel pada permukaan media atau akar tumbuhan air.

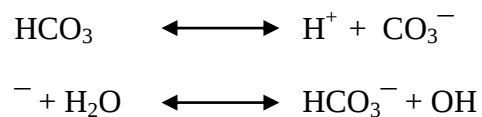
b. pH (Derajat Keasaman)

Parameter pH adalah suatu ukuran konsentrasi ion Hidrogen di dalam air. Pengukuran ini menandai besarnya kadar alkali atau kadar keasaman air. Besarnya pH dinyatakan pada skala 0 sampai dengan 14, pembacaan pada skala 7 dianggap

sebagai pH netral. Pada umumnya air bersih mempunyai pH antara skala 6 sampai dengan 8 (Siregar dkk, 2004).

Air limbah industri tahu sifatnya cenderung asam, pada keadaan asam ini akan terlepas zat-zat yang mudah untuk menguap. Hal ini mengakibatkan limbah cair industri tahu mengeluarkan bau busuk. pH sangat berpengaruh dalam proses pengolahan air limbah. Baku mutu yang ditetapkan sebesar 6-9. Pengaruh yang terjadi apabila pH terlalu rendah adalah penurunan oksigen terlarut. Oleh karena itu, sebelum limbah diolah diperlukan pemeriksaan pH serta menambahkan larutan penyangga agar dicapai pH yang optimal (Tjahjono, 1993).

Nilai pH merupakan faktor pengontrol yang menentukan kemampuan biologis mikroalga dalam memanfaatkan unsur hara. Nilai pH yang terlalu tinggi misalnya, akan mengurangi aktifitas fotosintesis tumbuhan air. Proses fotosintesis merupakan proses mengambil CO_2 yang terlarut di dalam air, dan berakibat pada penurunan CO_2 terlarut dalam air. Penurunan CO_2 akan meningkatkan pH. Dalam keadaan basa ion bikarbonat akan membentuk ion karbonat dan melepaskan ion hidrogen yang bersifat asam sehingga keadaan menjadi netral. Sebaliknya dalam keadaan terlalu asam, ion karbonat akan mengalami hidrolisa menjadi ion bikarbonat dan melepaskan ion hidrogen oksida yang bersifat basa, sehingga keadaan netral kembali, dapat dilihat pada reaksi berikut (Mahida, 1992):



c. BOD (*Biochemycal Oksigen Demand*)

BOD (*Biochemiykal Oksygen Demand*) menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air. Jika konsumsi oksigen tinggi yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut, maka berarti kandungan bahan-bahan buangan yang membutuhkan oksigen tinggi (Fardiaz, 1992).

Menurut Fardiaz (1992), bahan- bahan buangan yang memerlukan oksigen terutama terdiri dari bahan- bahan organik, kebanyakan mengandung karbon sebagai unsur yang terbanyak. Pemeriksaan BOD dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organis dengan oksigen dalam air dimana proses tersebut dapat berlangsung karena adanya sejumlah bakteri. Reaksi tersebut digambarkan sebagai berikut (Ginting, 2007) :



BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan- bahan buangan di dalam air. Jadi nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan tersebut. Jika konsumsi oksigen tinggi, yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut di dalam air, maka berarti kandungan bahan buangan yang membutuhkan oksigen tinggi. Organisme hidup yang bersifat aerobik membutuhkan oksigen untuk proses reaksi biokimia yaitu sintesis sel, dan oksidasi sel (Kristanto, 2002).

Dengan habisnya oksigen dikonsumsi membuat biota lainnya yang membutuhkan oksigen menjadi kekurangan dan akibatnya biota yang memerlukan oksigen ini tidak dapat hidup. Semakin tinggi angka BOD semakin sulit bagi makhluk air yang membutuhkan oksigen bertahan hidup (Ginting, 2007).

d. COD (Chemical Oxygen Demand)

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) (Alaerts dan Santika, 1997).

Untuk mengetahui jumlah bahan organik di dalam air dapat dilakukan suatu uji lebih cepat dari uji BOD, yaitu berdasarkan reaksi kimia dari suatu bahan oksidan. Disebut dengan uji COD, yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan, misalnya kalium dikromat, untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air (Fardiaz, 1992).

Air yang telah tercemar limbah organik sebelum reaksi oksidasi berwarna kuning, dan setelah reaksi oksidasi berubah menjadi warna hijau. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk reaksi oksidasi terhadap limbah organik seimbang dengan jumlah kalium bichromat yang digunakan pada reaksi oksidasi. Makin banyak kalium bichromat yang digunakan pada reaksi oksidasi, berarti semakin banyak oksigen yang diperlukan (Sunu, 2001).

Uji COD menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dari pada uji BOD karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD. Sebagai contoh selulosa sering tidak terukur melalui uji BOD karena sukar dioksidasi melalui reaksi biokimia, tetapi dapat diukur melalui uji COD. Sembilan puluh enam persen hasil uji COD yang dilakukan selama 10 menit kira-kira akan setara dengan hasil uji BOD selama 5 hari. Adanya senyawa khlor selain mengganggu uji BOD juga dapat mengganggu uji COD karena khlor dapat bereaksi dengan kalium dikromat. Cara pencegahannya adalah dengan menambahkan merkuri sulfat yang akan membentuk senyawa kopleks dengan khlor. Untuk mencegah reaksi dikromat dengan khlor, jumlah merkuri yang ditambahkan harus kira-kira sepuluh kali jumlah khlor di dalam contoh (Fardiaz, 1992).

e. Nitrogen Total (N-Total)

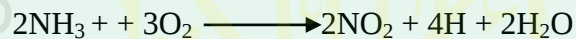
Nitrogen Total yaitu campuran senyawa kompleks antara lain asam-asam amino, gula amino, dan protein (polimer asam amino). Ammonia (NH_3) merupakan senyawa alkali yang berupa gas tidak berwarna dan dapat larut dalam air. Pada kadar dibawah 1 ppm dapat terdeteksi bau yang sangat menyengat. Kadar NH_3 yang tinggi dalam air selalu menunjukkan adanya pencemaran. Ammonia bebas (NH_3) yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu. Pada lingkungan asam atau netral, NH_3 ada dalam bentuk ion NH_4^+ . Pada lingkungan basa, NH_3 akan dilepas ke atmosfer (Effendi, 2003).

Senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu akan terurai oleh mikroorganisme menjadi karbondioksida (CO_2), air serta ammonium, selanjutnya ammonium akan dirubah menjadi nitrat. Proses perubahan ammonia menjadi nitrit dan ahirnya menjadi nitrat disebut proses nitrifikasi. Untuk menghilangkan ammonia dalam limbah cair sangat penting, karena ammonia bersifat racun bagi biota akuatik (Herlambang, 2005).

Reaksi penguraian organik:



Reaksi Nitrifikasi:



2.5.Sifat Limbah Cair Tahu

Menurut Sarwono dan Saragih (2006), sifat limbah cair dari pengolahan tahu antara lain :

1. Limbah cair mengandung zat-zat organik terlarut yang cenderung membusuk kalau dibiarkan tergenang sampai beberapa hari di tempat terbuka.
2. Suhu air limbah tahu rata-rata berkisar $40\text{-}60^\circ\text{C}$. Suhu ini lebih tinggi dibandingkan suhu rata-rata air lingkungan. Pembuangan secara langsung, tanpa proses dapat membahayakan kelestarian lingkungan.

3. Air limbah tahu bersifat asam karena proses penggumpalan protein kedelai membutuhkan bahan penggumpal yang bersifat asam. Keasaman limbah dapat membunuh mikroba, misalnya bakteri. Bakteri tumbuh optimal pada pH 6,5- 8,5. Agar aman, limbah perlu diolah hingga mempunyai pH 6,5.

2.6. Tumbuhan air

Tumbuhan air adalah tumbuhan yang hidup di perairan dan biasanya disebut dengan *hydrophyta*. Seperti yang telah dijelaskan oleh Lukito (2001), bahwa tumbuhan air dibagi menjadi empat kelompok yaitu :

1. Tumbuhan Air oksigen (*oxygenator*)

Disebut sebagai tumbuhan air oksigen karena mampu membersihkan udara sekaligus menyerap kandungan garam yang berlebihan di dalam air. Fungsi lainnya adalah sebagai tempat berlindung dan menyimpan telur ikan. Seluruh bagian tanaman ini tenggelam dalam air, misalnya *Hydrilla verticillata*, *myriophyllum*.

2. Tumbuhan Air lumpur (*Bog plant*)

Sesuai dengan namanya, tumbuhan jenis ini habitat aslinya daerah berlumpur dan sedikit digenangi air, yang termasuk tumbuhan air lumpur antara lain selada air, kangkung air dan Papyrus.

3. Tumbuhan Air pinggir (*Marginal plant*)

Tumbuhan air pinggir memiliki akar dan batang yang terendam didalam air, namun sebagian besar batangnya menyembul ke permukaan air, selain itu bagian batang, daun dan bunganya juga berada diatas permukaan air. Misalnya rumput payung (*Cyperus alternifolius*) dan ekor kucing (*Typha angustilofia*).

4. Tumbuhan air mengapung (*Floating plant*)

Tumbuhan air mengapung, akarnya tidak tertanam dalam tanah, melainkan mengapung dipermukaan air. Tumbuhan ini tidak memerlukan tanah sebagai media tanamnya, tumbuhan ini hidup dari menyerap udara dan unsur hara yang terkandung di dalam air. Misalnya *Azolla pinata*, Eceng gondok dan *Pistia stratiotes*.

2.5.1. Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)

Tumbuhan Kayu apu dikenal sebagai tumbuhan yang mirip kol yang mengapung di permukaan air dan biasa dijuluki *water lettuce* atau di indonesia disebut apu-apu atau ki apu. Keluarga Araceae ini berasal dari sebelah barat Afrika, dan banyak tumbuh disungai Nil dan banyak ditanam sebagai penyemarak bagian tengah kolam atau cover ground (Emir, 2000).

Menurut Emir (2000), tumbuhan Kayu apu memiliki sebutan nama yang berbeda-beda disetiap daerah. Di Sulawesi dikenal dengan Empleng era, di Melayu disebut dengan Apu-Apu, didaerah Kalimantan disebut pengambang, tayapu, didaerah Jawa dikenal dengan sebutan ki apu, kayu apu dan payepéh (madura), didaerah Bali disebut dengan kapu-kapu dan disulawesi dikenal dengan kapo-kapo.

Menurut Dasuki (1991), klasifikasi tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*) sebagai berikut :

Divisi Magnoliophyta

Class Liliopsida

Ordo Arales

Family Araceae

Genus Pistia

Spesies *Pistia Stratiotes*



Gambar 2. 5. Kayu Apu (*Pistia stratiotes*).

Susunan daunnya membentuk roset atau bertumpuk- tumpuk. Warnanya hijau cerah dengan tekstur tebal berdaging serta berambut halus menyerupai beludru. Setiap roset daun tersebut dihubungkan oleh batang kecil yang menjalar atau *stolon* yang mudah dipotong. Ki apu mempunyai akar yang menyerupai rambut tumbuh menggantung tepat dibawah roset daunnya. Cara perbanyakan ki apu ini dengan

memotong batang kecilnya yang menjalar (*stolon*) yang sudah ditumbuhi roset baru (Lukito, 2001).

Tumbuhan Kayu apu dapat tumbuh dengan baik sepanjang tahun. Menurut Lukito (2001), pertumbuhan ki apu yang optimal terjadi pada PH 4. Dalam keadaan yang optimum maka kayu apu dapat berlimpat ganda populasinya setelah 10 – 15 hari.

Kayu apu (*Pistia stratiotes*) memiliki banyak manfaat seperti sebagai pakan ternak, obat dan pupuk selain itu juga ki apu mempunyai daya mengikat butiran-butiran lumpur yang halus sehingga dapat digunakan untuk menjernihkan air bagi industri maupun keperluan sehari-hari. Menurut Liani (2004), biomassa *Pistia stratiotes* 150 gram dengan waktu pemaparan 9 hari memberikan hasil yang terbaik sebagai biofilter limbah cair pelapisan krom.

Berdasarkan penelitian Mustaniroh dkk (2009), mengemukakan bahwa tumbuhan air kayu apu sebagai biofilter limbah cair penyamakan kulit dapat menurunkan nilai pH mencapai 39,25%, BOD 67,05%, TSS 60,31%, kadar kromium 74,51% dan menaikkan nilai DO mencapai 72,24% dengan waktu retensi 10 hari.

2.6. Pengolahan Air Limbah Industri Secara Umum Dalam Meningkatkan Kualitas Air

Industri rumah tangga adalah usaha industri yang proses produksinya dilakukan di dalam rumah tinggal dengan tenaga perajin, permodalan, teknologi

pengolahan yang terbatas dan sederhana. Pengolahan air buangan industri rumah tangga dalam kaitannya dengan mengendalikan pencemaran air, yakni dengan pengolahan lengkap. Pengolahan lengkap ini terdiri dari 4 macam : *pre treatment*, *primary treatment*, *secondary treatment*, *tertiary treatment* dan pengolahan lanjutan (Waluyo, 2009).

1. Pra pengolahan

Pada tahap ini biasanya termasuk klorinasi pendahuluan untuk menghilangkan bau pada proses selanjutnya. Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran dalam bentuk kasar dengan mengalirkan melalui saringan kasar (*bar screen*) yang dibuat dari kawat besi. Jarak lubang saringan biasanya 2 – 4 cm. Penyaringan ini untuk menghindarkan kerusakan pada alat – alat pengolahan berikutnya. Kotoran kasar yang telah menggumpal harus segera diangkat (Waluyo, 2009).

Pasir atau kerikil yang terdapat dalam air buangan juga harus dibuang sebelum diproses melalui bak pemisah pasir/ kerikil atau melalui saluran pengendap pasir/ kerikil (*grit chamber*). Untuk pemisahan zat tersuspensi dengan menggunakan bak pengendap (*sedimented tank*) (Waluyo, 2009).

Pengolahan pendahuluan ini juga meliputi peralatan limbah cair agar memiliki homogenitas dan memudahkan bagi pengolahan tingkat lanjut. Pemasukan udara ke dalam limbah adalah suatu cara untuk memudahkan pengapungan dimana udara akan menciptakan gelembung dan bersamaan dengan gelembung tersebut partikel ikut terbawa naik ke atas permukaan dengan air limbah (Ginting, 2007).

2. Pengolahan primer

Menurut Waluyo (2009) Pengolahan primer adalah proses pengolahan secara kimiawi atau secara fisika untuk menetralkan dan memisahkan zat tersuspensi. Proses pengolahan secara kimiawi dilakukan dengan cara menambahkan senyawa kimia koagulan sehingga zat-zat tersuspensi atau koloid dapat membentuk flok-flok besar yang mudah mengendap dan dapat dipisahkan secara fisik melalui bak pengendap. Senyawa yang banyak digunakan sebagai koagulan adalah tawas ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$), garam ferro (ferro sulfat).

Pengolahan limbah dengan tingkat kedua atau menggunakan bahan kimia bertujuan untuk mengendapkan bahan, mematikan bakteri patogen mengikat dengan cara oksidasi atau reduksi menetralkan konsentrasi kelarutan asam dan desinfektisida. Penambahan bahan kimia akan menghilangkan atau mengurangi bahan kimia pencemar dalam air limbah (Ginting, 2007).

3. Pengolahan sekunder

Air buangan yang berasal dari pengolahan primer masuk ke proses pengolahan sekunder. Pengolahan sekunder merupakan tahap pengolahan biologis untuk menghilangkan koloid senyawa organik atau senyawa organik terlarut melalui oksidasi biokimia dengan bantuan mikroorganisme (Waluyo, 2009).

Menurut Sugiharto (1987), bahan-bahan organik dalam air terdiri dari berbagai macam senyawaan. Protein adalah salah satu senyawa kimia kompleks dan tidak stabil akan berubah menjadi bahan lain pada proses dekomposisi. Protein merupakan penyebab utama terjadinya bau karena adanya proses pembusukan dan penguraian. Protein adalah molekul tertinggi dengan asam amino yang banyak.

Jasad renik yang ada di dalam air limbah akan menggunakan oksigen untuk mengoksidasi benda organik menjadi energi, bahan buangan lainnya serta gas. Reaksi oksidasi tersebut disajikan sebagai berikut (Sugiharto,1987) :



Metode ini dipakai terutama untuk menghilangkan bahan organik biodegradable dalam limbah cair. Senyawa-senyawa organik tersebut dikonversikan menjadi gas dan air yang kemudian dengan sendirinya dilepaskan ke atmosfer. Zat-zat organik dengan rantai karbon panjang diubah menjadi ikatan rantai karbon sederhana dan air yang berbentuk gas. Unit proses yang dipakai yaitu dengan kolam aerobik, aerasi, lumpur aktif, kolam oksidasi, saringan biologi dan juga kolam anaerobik (Ginting, 2007).

Pengolahan limbah secara biologis dengan kolam aerobik adalah suatu metode dengan menggunakan bakteri aerob yang dapat berfungsi secara optimal bila tersedia udara sebagai sumber kehidupannya. Sebenarnya fungsi udara adalah untuk menyediakan oksigen bagi kehidupan air. Oleh karena itu oksigen dapat disediakan dengan cara membiarkan limbah dalam wadah terbuka agar ada kontak udara dengan permukaan limbah sehingga sinar matahari dapat mencapai dasar kolam dan terjadi proses fotosintesis pada tumbuhan air yang menghasilkan atau mensuplai oksigen bagi kehidupan mikroorganisme (Ginting, 2007).

4. Pengolahan Tertier

Proses pengolahan air buangan selanjutnya adalah proses koagulasi, flokulasi, dan filtrasi (saringan pasir), setelah itu baru dialirkan ke badan air. Untuk mendeteksi air yang keluar dari pengolahan tertier apakah sudah layak dibuang ke lingkungan (badan air), maka dialirkan dahulu ke kolam deteksi yang terdapat ikan yang sensitif, misalnya ikan mas. Kalau ikan mas tersebut hidup berarti air buangan itu sudah layak dibuang ke badan air (Waluyo, 2009).

2.7. Peranan Tumbuhan Air Dalam Meningkatkan Kualitas Air Limbah

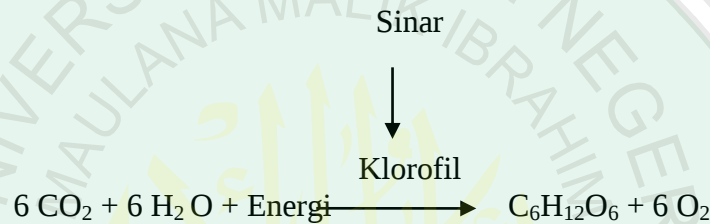
Pencemaran lingkungan di berbagai negara termasuk Indonesia, sudah sangat kompleks dan mengkhawatirkan seiring dengan pesatnya kemajuan ilmu pengetahuan diberbagai bidang. Salah satu teknik dalam memperbaiki kualitas lingkungan yang tercemar adalah teknik fitoremediasi (Artiyani, 2011).

Menurut Artiyani (2011), fitoremediasi merupakan upaya penanganan limbah dan pencemaran lingkungan secara biologi menggunakan tumbuhan, di mana tumbuhan tersebut bekerja sama dengan mikroorganisme dalam media untuk mengubah, menstabilkan, atau menghancurkan zat kontaminan menjadi kurang atau tidak berbahaya sama sekali, bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi.

Menurut Sugiharto (1987), dari sistem pengolahan limbah menggunakan tumbuhan air sebagai biofilter, bakteri dan tumbuhan air merupakan organisme utama yang berperan dalam proses pembuangan limbah organik dan nutrien dalam air limbah. Bakteri menguraikan bahan organik menjadi molekul atau ion yang siap

diserap oleh tumbuhan air. Proses penyerapan molekul atau ion hasil penguraian oleh bakteri akan memacu bakteri untuk mempercepat proses penguraian bahan organik.

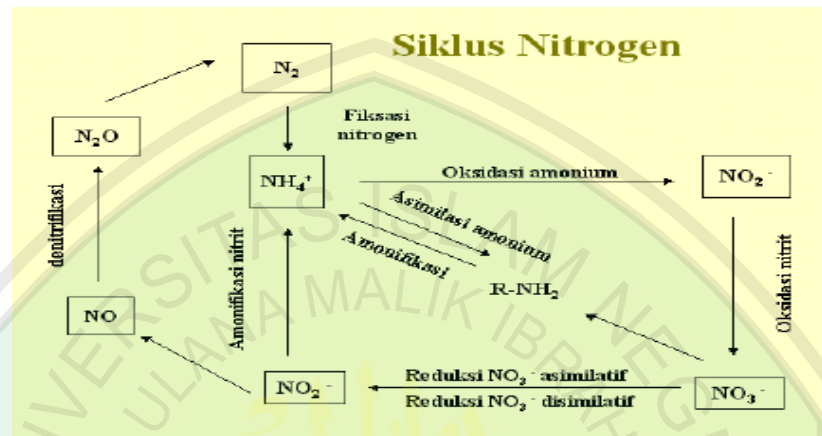
Proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dapat berlangsung karena adanya nutrisi dalam air limbah dan mengandung O_2 terlarut dari hasil fotosintesis tumbuhan air. Reaksi fotosintesis tersebut dapat digambarkan sebagai berikut (Sastrawijaya, 2000) :



Gambar 2.7.1 Proses fotosintesis

Menurut Apriadi (2008), buangan limbah organik akan didekomposisi oleh bakteri yang selanjutnya akan menjadi bahan anorganik berupa unsur hara seperti senyawa nutrisi N dan P yang akan dimanfaatkan oleh tumbuhan air dalam proses fotosintesis. Tumbuhan tidak dapat menyerap langsung senyawa nutrisi tersebut tetapi tumbuhan memperoleh senyawa nitrogen dengan jalan menyerap nitrat (ion amonia) dari hasil penguraian oleh bakteri.

Penguraian bahan organik yang dilakukan bakteri melalui proses amonifikasi (Nitrifikasi dan Denitrifikasi). Pada lingkungan asam atau netral, NH_3 ada dalam bentuk ion NH_4^+ . Pada lingkungan basa, NH_3 akan dilepas ke atmosfer. Ion NH_4^+ merupakan bentuk N yang digunakan oleh berbagai organisme. Skema proses amonifikasi tersebut disajikan pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.7.2 . Siklus Nitrogen (Siregar, dkk, 2004).

Amonifikasi adalah proses mengubah N-organik menjadi N-ammonia. Bentuk senyawa N dalam jasad hidup dan sisa-sisa organik sebagian besar terdapat dalam bentuk asam amino penyusun protein.

Akar sebagian besar tumbuhan menyerap nitrogen sebagai ion nitrat (NO_3^-) dari tanah, karena ion amonium (NH_4^+) mudah teroksidasi menjadi NO_3^- oleh bakteri nitrifikasi. Nitrat tersebut diangkut ke bagian atas tumbuhan melalui xilem. Akar sebagian besar tumbuhan menyerap nitrogen sebagai ion nitrat. Nitrogen dalam bentuk ion nitrat tidak segera digunakan oleh tumbuhan, tetapi di dalam xilem, nitrat mula-mula harus direduksi terlebih dahulu menjadi amonium atau amonia dan kemudian diubah menjadi senyawa N organik (Mahida, 1993).

Langkah pertama pada reduksi nitrat adalah perubahan nitrat (NO_3^-) menjadi nitrit (NO_2^-) oleh enzim nitrit reduktase. Selanjutnya nitrit diubah menjadi hiponitrit (HNO) oleh enzim nitrit reduktase. HNO segera diubah menjadi hidroksilamin

(NH_2OH) oleh hiponitrit reduktase. Kemudian hidroksilamin reduktase diubah menjadi amonium/amonia (Sastramihardja dan Siregar, 1990).

Nitrifikasi adalah pemberian oksigen pada amonia untuk diubah menjadi nitrat dan nitrit oleh mikroorganisme. Proses nitrifikasi dibutuhkan dalam pengolahan limbah adalah selain untuk mengurangi jumlah ammonia dalam limbah juga untuk mengurangi penyebab terjadinya proses eutofikasi (*blooming alga*) yang menyebabkan semakin turunnya nilai DO. Hal ini akan mengakibatkan kehidupan dalam air akan terganggu (Sugiharto, 1987).

Denitrifikasi adalah proses penguraian nitrat menjadi gas nitrogen bebas (N_2) atau nitrogen oksida (NO_2). Pada proses denitrifikasi dibutuhkan bahan organik sebagai sumber karbon. Selama proses denitrifikasi akan dihasilkan ion OH^+ yang menyebabkan kenaikan pH. Bahan organik tersebut diuraikan oleh mikroorganisme menjadi bentuk senyawa atau ion yang diserap oleh tumbuhan air (Sugiharto, 1987).

Beberapa jenis tumbuhan mampu bekerja sebagai agen fitoremediasi seperti azolla. Kiambang, eceng gondok, kangkung air serta beberapa jenis tumbuhan mangrove. Jenis-jenis ini merupakan tumbuhan air yang banyak dijumpai di sungai, pantai, rawa atau danau. Tumbuhan ini memiliki kemampuan yang disebut dengan hiperakumulator, yaitu relatif tahan terhadap berbagai macam bahan pencemar dan mampu mengakumulasikannya dalam jaringan dengan jumlah yang cukup besar (Prawiro, 1988).

Berbagai penelitian fitoremediasi telah banyak dilakukan dalam usaha memperbaiki kualitas lingkungan perairan yang tercemar. Puspita dkk (2008), melaporkan bahwa tumbuhan air (Eceng Gondok, *Pistia stratiotes* dan *Hydrilla verticillata*) mampu menurunkan kadar Cr air limbah batik dengan persentase penurunan secara berturut-turut yaitu 49,56%, 33,61% dan 10,84%. Penelitian yang dilakukan oleh Artiyani (2011), menyatakan bahwa tanaman *Hydrilla verticillata* mampu menurunkan konsentrasi N-Total sebesar 72,76% dan P-Total sebesar 60,40% pada limbah cair tahu dengan kerapatan 90 mg/cm² selama 6 hari retensi.

Menurut penelitian Haryati dkk (2012), menyatakan bahwa Biomassa 150 gram tumbuhan genjer air mampu menyerap dan mengakumulasi timbal (Pb), yaitu pada akar sebesar 1,516 mg/l dan pada daun sebesar 0,420 mg/l selama 21 hari pada limbah cair kertas. Fitoremediasi phospat dengan menggunakan tanaman eceng gondok dapat menyerap phospat dalam limbah cair laundry dalam jumlah yang cukup banyak dalam waktu retensi 5 hari berturut-turut yaitu sebesar 144,1603% (Hardyanti dan Rahayu, 2007).

Berdasarkan penelitian Djenar dan Budiastuti (2008), juga melaporkan bahwa 5 rumpun tumbuhan Eceng gondok mampu menurunkan kandungan amoniak maksimum sebesar 76,423% selama 5 hari. Karyadi dan Eko menambahkan bahwa Eceng gondok juga mampu mendegradasi Carbofuran pada kolam eceng gondok dengan efisiensi penyerapan sebesar 82,21%.

Kemampuan tumbuhan air untuk mengikat bahan-bahan organik dari partikel lumpur membuat tanaman air dapat digunakan untuk menjernihkan air, memiliki fungsi ekologis sebagai stabilisator suatu perairan karena kemampuannya menetralkan bahan pencemar yang masuk ke perairan. Penelitian yang telah dilakukan bahwa biomassa *Pistia stratiotes* 250 gram dapat menurunkan nilai TSS sebesar 84,64 % pada limbah cair tahu selama satu minggu (Fachrurrozi, 2010).

Tumbuhan air seperti *Pistia stratiotes* yang tampak tidak memiliki nilai ekonomis tinggi, ternyata memiliki kemampuan sebagai tumbuhan yang berperan dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Pengendalian pencemaran lingkungan perairan akibat Pb secara biologis (misalnya fitoremediasi) merupakan metode yang sangat efektif, disamping mudah, murah, memberikan manfaat yang besar, juga relatif tidak menimbulkan dampak sampingan (Prawiro, 1998).

Agen fitoremediasi berupa tumbuhan air seperti *Pistia stratiotes* L dan makrofita lainnya relatif mudah didapat, serta memiliki kemampuan tumbuh dan berkembang dengan cepat. Tumbuhan-tumbuhan ini kadang-kadang di beberapa tempat justru menimbulkan masalah di perairan (*blooming*), seperti sungai, danau atau rawa. Dengan adanya teknik fitoremediasi, maka akan memberikan manfaat yang besar, tidak saja dapat mengurangi polutan pada perairan tapi juga dapat mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh tumbuhan air akibat kecepatan pertumbuhan dan perkembangbiakannya yang tinggi (Prawiro, 1998).

2.8. Pencemaran Lingkungan Dalam Pandangan Islam

Air merupakan karunia Allah SWT yang sangat berlimpah di bumi, laut, danau, sungai dan mata air. Air termasuk salah satu kebutuhan primer bagi kehidupan makhluk hidup di bumi.

Menurut Al-Qaradhawi (2002), air adalah unsur yang mutlak diperlukan oleh semua makhluk hidup. Tidak perlu jenis atau ukuran tubuhnya, mulai dari makhluk hidup yang paling kecil hingga yang paling besar, mulai dari mikroba yang berukuran mikroskopis sampai ikan paus dan gajah, dua makhluk hidup terbesar di laut dan di darat. Tanpa air yang Allah SWT berikan, tidak akan ada burung - burung, binatang melata, tumbuhan, dan tiram yang bersemayam di dasar lautan. Allah SWT telah menyatakan hal ini dalam Al-Qur'an surat Anbiyaa: 30

أَوَلَمْ يَرِ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا^ط
وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ﴿٣٠﴾

Artinya : Dan apakah orang-orang yang kafir tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi itu keduanya dahulu adalah suatu yang padu, Kemudian kami pisahkan antara keduanya. dan dari air kami jadikan segala sesuatu yang hidup. Maka mengapakah mereka tiada juga beriman.

Air merupakan karunia Allah swt yang menjadi komponen utama untuk segala kehidupan dan salah satu manfaat dari Air yaitu tumbuhnya tumbuhan Sebagaimana dalam firman Allah SWT dalam surat Al An'aam: 99 yang berbunyi :

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا
 مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِن طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ
 وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ أَنْظِرُوا
 إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya : Dan dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan Maka kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.

Al-Jazairi menyatakan makna dari ayat tersebut bahwasanya Allah SWT menumbuhkan berbagai macam tanaman dan tumbuh-tumbuhan seperti gandum, padi-padian kemudian dari tanaman tersebut keluarlah butir-butir biji yang sangat banyak dan keluarlah darinya pohon kurma (mayang kurma) yaitu tangkai-tangkai yang berjuntai dan dekat, sehingga tidak memerlukan tenaga yang banyak bagi orang yang ingin memetik dan mendapatkannya dan Allah SWT menumbuhkan darinya kebun-kebun Kurma, Zaitun, dan Delima, ada yang serupa warnanya tetapi tidak sama rasanya, maka setiap buah yang masak ada yang serupa ada yang tidak. Sesungguhnya yang demikian itu terdapat tanda-tanda nyata bagi orang-orang yang beriman, karena orang-orang yang beriman itu hidup, bekerja, berfikir dan

memahami, sedangkan orang-orang kafir, mereka adalah mati hatinya, tertutup oleh noda-noda syirik dan maksiat, sehingga mereka tidak berfikir dan memahami.

Menurut Ath-Thabari (2008), maksud dari ayat tersebut yaitu, Allah SWT yang berhak disembah, tidak ada sekutu bagin-Nya. Dialah *Ilah* yang telah menurunkan air dari langit dan dengan air itu kami keluarkan makanan bagi binatang, burung, binatang liar, dan rezeki bagi manusia. Mereka memakannya, lantas tumbuh berkembang, dan kami mengeluarkan dengannya ragam tumbuhan yang hijau segar.

Apabila ayat – ayat Alqur'an serta ketentuan syariat lebih dipahami oleh mahluknya, maka akan mendapatkan suatu petunjuk untuk melestarikan alam beserta isinya tentang pentingnya pelestarian alam. Al-Qur'an mengajarkan tentang pelestarian, konversi, dan pemeliharaan lingkungan hidup, perusakan, bahkan berbagai penajahan terhadap lingkungan yang merajalela. Berbagai pencemaran yang dilakukan manusia seakan- akan tidak menjadi hal yang asing lagi padahal, Allah SWT telah banyak memperingatkan mahluk-Nya lewat kisah-kisah, ungkapan, peringatan bahkan teguran dalam Al-Qur'an untuk tidak membuat kerusakan di muka bumi ini maka bumi ini (*walaa tufsidu fii al ardt*). Al-Qur'an sangat jelas dan tegas mengajarkan manusia untuk menjaga keseimbangan alam ini.

Menurut Al-Qaradhawi (2002) tidak ada sesuatupun yang rusak, tercemar atau hilangnya keseimbangannya sebagaimana penciptaan awalnya. Akan tetapi datangnya kerusakan, pencemaran dan perusakan lingkungan adalah hasil perbuatan tangan-tangan manusia semata yang secara sengaja berusaha untuk mengubah fitrah Allah pada lingkungan, dan mengubah ciptaan-Nya pada kehidupan dan diri manusia.

Allah SWT telah menggambarkan bencana ini di dalam Al-Qur'an surat AR-Rum ayat 41 :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ
الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya : Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan Karena perbuatan tangan manusi, supay Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Menurut Al-Maraghi (1992), ayat tersebut menjelaskan bahwa telah muncul kerusakan di dunia ini sebagai akibat dari peperangan dan penyerbuan pasukan-pasukan, pesawat-pesawat terbang, kapal-kapal perang dan kapal selam. Hal itu tiada lain karena akibat dari apa yang dilakukan oleh umat manusia berupa kezaliman, banyaknya lenyapnya perasaan dari pengawasan Yang Maha Pencipta, Dan mereka melupakan sekali akan hari hisab, hawa nafsu terlepas bebas dari kalangan sehingga menimbulkan berbagai macam kerusakan di muka bumi.

Imam Baidhawi berkata, "yang dimaksud dengan kerusakan (pada ayat tersebut) adalah penceklik, kebakaran yang merajalela, ketenggelaman, hilangnya keberkahan, dan banyak kelaparan, akibat kemaksiyatan dan ulah perbuatan manusia". Lebih dari itu, kerusakan ini meliputi kerusakan yang terjadi pada air yang berupa pencemaran air yang terkadang itu dilakukan dengan sengaja oleh manusia. Kedzaliman penguasa, keengganannya rakyat melakukan koreksi dan musibah terhadap penguasa merupakan pemicu datangnya adzab dari Allah SWT, sebaliknya ketaatan

kepada Allah SWT merupakan kunci bagi perbaikan bumi dan seisinya (Imam al-Baidawi, 1998).

Air limbah yang merupakan hasil zat sisa atau buangan perlu didaur ulang agar tidak merusak lingkungan yang ada di sekitarnya. Kandungan zat kimia yang terdapat pada air limbah perlu diminimalisir dengan menanam tumbuhan air seperti Kayu apu agar dapat mengurangi tingkat pencemaran lingkungan serta lebih ramah lingkungan.

