

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Lahan Basah (*Constructed Wetland*)

Definisi dari *constructed wetlands* secara umum adalah tanah di mana kejenuhan air merupakan faktor dominan dari perkembangan tanah dan tipe dari tanaman dan binatang yang hidup padanya. Yang kondisinya dibuat sesuai dengan bentuk *wetlands* alaminya, dengan tujuan untuk meminimalisasikan kandungan konsentrasi air limbah yang berpotensi menyebabkan pencemaran air.

Definisi *wetlands* lainnya berupa tanah transisi antara bagian daratan dan perairan di mana sebagian besar komposisinya berupa air. *Natural treatment wetlands* ini efektif untuk mengolah air limbah di mana prinsip pengolahan limbah cair dengan *constructed wetlands* ini memanfaatkan peranan aktivitas mikroorganisme atau bakteri sebagai *microbial degradation of contaminants* yang terdapat di dalam limbah dan permukaan air atau yang hidup di akar, batang tanaman dan peranan tanaman (*vegetation*) air di area tersebut. Proses pengolahan yang terjadi di dalam *wetlands* tersebut berupa sedimentasi, filtrasi, gas transfer, adsorpsi atau disebut juga dengan proses pengolahan fisik, untuk pengolahan secara kimiawi dan biologi pada *constructed wetlands* terjadi karena adanya aktivitas dari mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas dari tanaman yaitu berupa proses fotosintesis.

Constructed wetlands merupakan suatu jenis pengolahan yang strukturnya direncanakan. Variabel-variabel yang direncanakan meliputi debit

yang mengalir, beban organiknya tertentu, kedalaman media tanah maupun air serta ada pemeliharaan tanaman selama proses pengolahan.

2.1.1 Mekanisme Pengolahan

Pengolahan limbah dengan *Constructed wetland* memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam area tersebut. Adapun air limbah yang akan diolah biasanya mengandung *solid* dan bahan organik dalam jumlah tertentu dengan mekanisme pengolahan sebagaimana berikut :

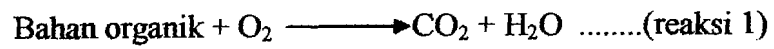
1. *Solid* (padatan)

Kadar padatan pada air limbah ini dapat diturunkan dengan proses fisik yaitu sedimentasi. Pada sistem *Constructed wetland* ini air limbah mengalir melewati partikel-partikel tanah dengan waktu detensi yang cukup, kedalaman media dan kecepatan tertentu, sehingga akan memberikan kesempatan partikel-partikel *solid* untuk mengendap dan terjadi peristiwa sedimentasi. Proses fisik sedimentasi ini mampu menurunkan konsentrasi *solid* dalam air limbah (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, 2002).

2. Bahan Organik

BOD terlarut dapat dihilangkan karena aktivitas mikroorganisme dan tanaman dalam *Constructed wetland*. Proses pengolahan biologis dalam *Constructed wetland* sangat bergantung pada aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa aktivitas mikroorganisme ini sangat bergantung pada aktivitas akar

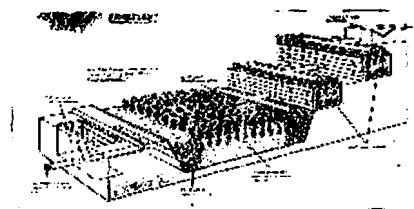
tanaman dalam sistem *Constructed wetland* untuk mengeluarkan oksigen (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, 2002). Mekanisme pengolahan yang terjadi adalah :



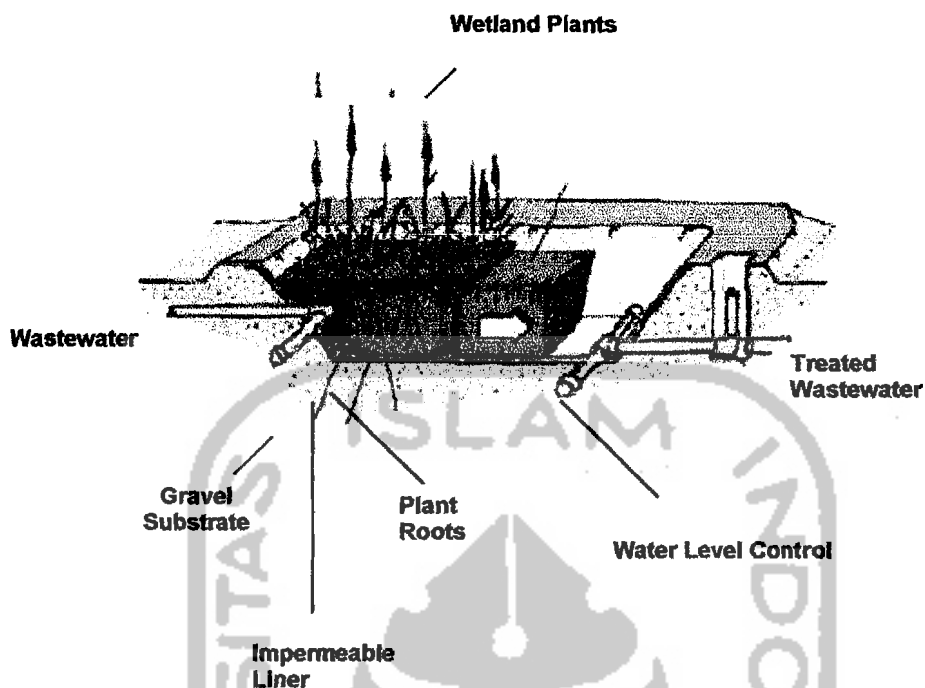
Gambar 2.1 *Constructed Wetland* Model FWS



Gambar 2.2 *Constructed Wetland* Model SSF



Gambar 2.3 *Constructed Wetland* Model Bertingkat



Gambar 2.4 Reaktor Sistem *Constructed Wetland*

Berdasarkan definisi dari *Environmental Protection Agency* (EPA) dan *Water Pollution Federation* sistem pengolahan pada *constructed wetlands* dikategorikan menjadi dua tipe, yaitu :

a. Sistem *Free Water Surface* (FWS)

Sistem ini berbentuk kolam atau saluran yang dilapisi dengan lapisan *impermeable* alami atau lapisan tanah, yang mana kandungan air pada sistem ini dangkal. Lapisan ini berfungsi untuk mencegah terjadinya perembesan air limbah atau keluarnya air limbah dari kolam atau saluran tersebut. Komposisi utama pada sistem *Free Water Surface* (FWS) adalah tanah sebagai substrat untuk tempat hidupnya tanaman air. Pada sistem ini

biasanya tanaman yang digunakan berupa *cattail*, *reed*, *seadge*, dan *rush*.

Kondisi yang harus diperhatikan dalam sistem ini adalah :

- Kedalaman air relatif dangkal
- *Velocity* atau kecepatan air rendah (*low*)
- Keberadaan batang dan sisa-sisa tanaman yang mempengaruhi aliran
- Lebih efisien digunakan pada saluran atau area yang panjang

b. Sistem *Sub Surface Flows* (SSF)

Sistem *sub surface flows* ini pada dasarnya hampir sama dengan system *free water surface* hanya jumlah air pada tanaman ini hampir seluruh tanaman hidup menggenang pada permukaan air. Pada SSF media yang digunakan berupa media berpori, antara lain : kerikil dan pasir kasar. Proses yang terjadi pada sistem SSF ini berupa filtrasi, adsorpsi yang dilakukan oleh mikroorganisme dan adsorpsi terhadap tanah dan bahan organik akibat adanya aktivitas dari akar tanaman.

Ada beberapa hal penting yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan *Constructed Wetlands*, yaitu waktu detensi, *Organic Loading Rate*, Kedalaman air, serta bentuk dari *Constructed Wetlands* yang akan dibuat.

Table 2.1 Kriteria Desain Untuk *Constructed Wetlands* Tipe FWS

Desain	Satuan	Tipe FWS
Waktu tinggal hidrolis	Hari	4 – 15
Kedalaman air	M	0,0914 – 0,609
Laju beban BOD ₅	Kg / ha / hr	< 112
Laju beban hidrolis	M ³ / m ² .hr	0.01 – 0.05
Luas spesifik	Ha / m ³ .d	0,002 – 0.014
Lebar : Panjang	-	1 : 2 - 10

(Dal Cin, 2000)

2.1.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Proses Pengolahan

Dalam proses pengolahan dengan sistem *constructed wetland* ada beberapa faktor yang mempengaruhi, yaitu :

a. Tanaman

Tanaman air merupakan komponen terpenting dari *wetland* dan memberikan dukungan berupa transformasi nutrien melalui proses fisik, kimia dan *microbial*. Tanaman mengurangi kecepatan aliran, meningkatkan waktu detensi dan memudahkan pengendapan dari partikel *suspended*. Mulai dari jenis *duckweed* sampai tanaman berbulu (*reeds, cattail*) dan alang-alang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman pada sistem *constructed wetland*. Jika menggunakan tanaman *cattail* atau *reeds* akan lebih praktis, karena tanaman ini dapat dibersihkan hanya satu kali dalam setahun (Vymazal, 1998 dalam Siswoyo, 2002).

Pada umumnya tanaman yang digunakan dalam *wetland* adalah tanaman yang cepat tumbuh, mempunyai kandungan lignin yang besar, dan dapat beradaptasi dengan kedalaman air yang bervariasi. Tanaman di dalam *wetland* tidak didesain untuk penyerapan nutrien tetapi untuk meningkatkan sedimentasi dan pertumbuhan bakteri. Fungsi tanaman di dalam *constructed wetlands* secara umum adalah tumbuh dan mati, pertumbuhan tanaman menghasilkan masa secara vegetatif yang dapat memperlambat aliran dan menghasilkan tempat untuk menempelnya dan berkembangnya mikroorganisme, kematian tanaman membentuk *litter* (bangkai tanaman) serta melepaskan karbon organik sebagai bahan bakar metabolisme mikroba.

Keuntungan yang paling besar dengan adanya tanaman dalam *constructed wetlands* adalah tanaman dapat mentransfer oksigen dari daun sampai ke lapisan akar. karena sistem perakaran menembus lapisan substrat sehingga transport oksigen dapat terjadi lebih dalam dibandingkan dengan masuknya oksigen dengan difusi secara alami (Merz,2000).

Pengolahan dalam *wetland* bergantung pada proses siklus tanaman dalam menyediakan oksigen untuk bakteri aerobik dan struktur dari tanaman dalam menyediakan substrat untuk bakteri aerobik dan anaerobik (fakultatif). Proses tidak sempurna tanpa pembentukan lapisan humus (litter) pada dasar *wetlands*, karena lapisan ini merupakan sumber karbon organik yang digunakan mikroorganisme sebagai substrat untuk tumbuh. Lapisan humus terbentuk dari kematian daun atau batang tanaman yang jatuh ke permukaan tanaman.

Berikut tabel dari fungsi setiap bagian atau komponen pada tanaman air yang digunakan dalam pengolahan *natural wetlands* :

Tabel 2.2 Fungsi Komponen-komponen Tanaman Dalam *Wetland*

No	Komponen Tanaman	Fungsi
1	Akar dan batang dalam air	<ul style="list-style-type: none"> • Sebagai tempat pertumbuhan bakteri • Sebagai media untuk proses filtrasi
2	Batang dan daun yang berada di permukaan air	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi masuknya sinar matahari • Mampu mencegah pertumbuhan alga • Mampu mengurangi efek dari kecepatan angin di permukaan air • Sangat penting untuk mentransfer gas dari dalam permukaan air yang dihasilkan tanaman

b. Media Reaktor

Media yang digunakan pada pengolahan *constructed wetlands* terdiri dari : tanah, pasir, dan kerikil. Fungsi tanah dalam sistem *Constructed Wetland* sangat penting, yaitu :

1. Sebagai tempat hidup dan tumbuh tanaman.
2. Sebagai tempat berkembang biaknya mikroorganisme.
3. Sebagai tempat terjadinya proses fisik, yaitu sedimentasi untuk penurunan konsentrasi solid dalam air limbah.

Pengolahan air limbah dipengaruhi oleh waktu detensi, dimana waktu detensi yang cukup akan memberikan kesempatan kontak lebih lama antara mikroorganisme, oksigen yang akan dikeluarkan akar tanaman dan air limbah. Keadaan tanah seperti permeabilitas tanah dan konduktivitas hidrolis sangat berpengaruh pada waktu detensi air limbah (Wood, 1993 dalam Siswoyo, 2002).

c. Mikroorganisme

Mikroorganisme yang diharapkan dapat berkembang dalam sistem ini adalah mikroorganisme *heterotropik aerobik*, sebab pengolahan dengan mikroorganisme ini dapat berjalan lebih cepat dibanding secara *anaerobic* (Vymazal, 1999 dalam Siswoyo, 2002). Mikroorganisme ini selain mengurai air limbah juga akan mempertahankan kandungan oksigen dalam air limbah. Sehingga akan mengurangi bau. Untuk menunjang kehidupan mikroorganisme ini, maka diperlukan pengaturan jarak tanaman pada reaktor yang diharapkan agar tanaman mampu memberikan transfer oksigen yang cukup bagi kehidupan

mikroorganisme yang hidup dalam tanah., pengkondisian lingkungan reaktor yaitu temperatur, pH, ruang yang cukup dan lain-lain.

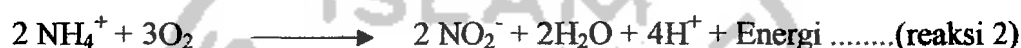
Komunitas mikroba dalam *constructed wetland* digunakan sebagai indikator pengukuran secara langsung dalam proses pengolahan air limbah, yaitu jenis mikroorganisme dari bakteri, virus, ragi, microscopis fungi, protozoa, alga. Proses hubungan antara komunitas mikroba ini dalam *wetland* merupakan faktor utama dalam mendaur ulang kandungan pencemar dalam air limbah yaitu terjadinya proses dekomposisi dan denitrifikasi.

Proses transformasi yang terjadi di dalam *wetland* sebagian besar dipengaruhi oleh adanya hubungan metabolisme mikroorganisme dalam memanfaatkan air limbah dalam pertumbuhannya. Nitrogen dan carbon merupakan sumber energi bagi mikroba, di mana carbon digunakan untuk membentuk biomassa dari mikroba ($C_5H_7O_2N$) sebagai nutrien, proses fotosintesis yang dilakukan oleh protozoa juga memberikan respons yang cepat untuk meningkatkan jumlah nutrien dalam air limbah. Adanya proses transformasi dan dekomposisi oleh mikroba secara langsung mempengaruhi jumlah komunitas mikroba, dan penambahan jenis bakteri an aerobik yang berperan dalam mengurai bahan pencemar menjadi nutrien.

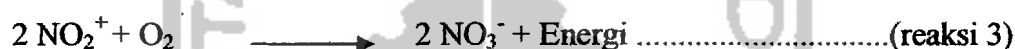
Proses *nitrifikasi* (oksidasi amonium menjadi nitrat dan nitrit secara biologis) dan *denitrifikasi* (oksidasi nitrit menjadi nitrat) dalam *wetland* juga dapat terjadi secara siklus alami, yang disebabkan adanya aktivitas dari mikroorganisme dalam mengurai bahan makanannya, yaitu komunitas bakteri *heterotroph* (mikroorganisme yang menggunakan karbon organik sebagai energi) dan

autotroph (mikroorganisme yang menggunakan karbon dioksida sebagai energi) yang terdiri dari bakteri *Nitrosomonas sp*, *Nitrobacter sp*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Alcaligenes*, *Spirillum*. Berikut reaksi proses *nitrifikasi* dan *denitrifikasi* yang menyebabkan terjadinya proses pembusukan pada *wetland* dan siklus pertumbuhan bakteri *heterotroph* dan *autotroph*

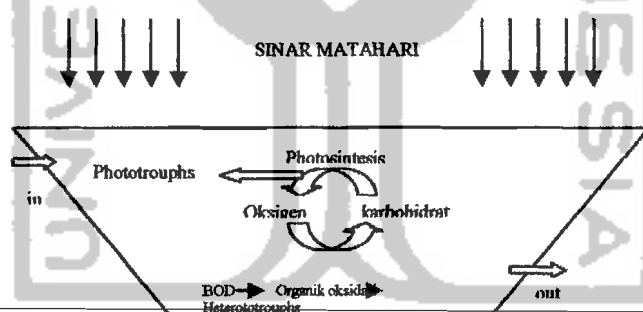
- Oksidasi amonium menjadi nitrit peranan bakteri *Nitrosomonas sp*



- Oksidasi nitrit menjadi nitrat peranan bakteri *Nitrobacter sp*

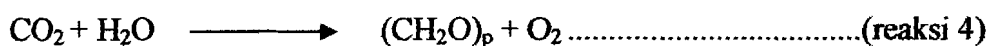


- Pertumbuhan bakteri *heterotroph* dan *autotroph* dalam *wetland*



Gambar 2.5 Siklus Pertumbuhan Bakteri *heterotroph* dan *autotroph*

Reaksi pertumbuhan bakteri Phototrophs:
matahari



Reaksi pertumbuhan bakteri Heterototrophs:



karbohidrat

Semua jenis mikroorganisme yang ada dalam *wetland* secara umum beraktivitas untuk mengasimilasi nutrien untuk pertumbuhannya, seperti ammonium dapat bergabung membentuk asam amino oleh bakteri *autotroph* dan *heterotroph* (Kadlec and Knight, 1996), asam amino ditransformasikan kedalam protein, purin, dan pirimidin yang digunakan sebagai sumber energi.

Berikut ini aktivitas dari mikroorganisme dalam sistem pengolahan air limbah dengan *constructed wetland* :

- Mentransformasikan bahan-bahan organik dan inorganik dalam jumlah yang besar menjadi bahan-bahan yang tidak berbahaya (*innocuous*) atau mudah terurai.
- Media untuk melakukan proses reduksi dan oksidasi (*redok*) dalam merubah kandungan substrat dan berpengaruh terhadap kemampuan *wetland*.
- Media pengurai (*recycling*) pencemar menjadi nutrien.

Proses mentransformasikan limbah dalam *wetland* dilakukan mikroorganisme dengan cara aerobik maupun anaerobik. Jenis bakteri terbesar dalam sistem ini berupa bakteri fakultatif anaerob dimana jenis bakteri ini mampu beraktifitas dalam kondisi lingkungan yang aerobik maupun anaerobik. Pertumbuhan mikroorganisme dalam *wetland* dapat berkembangbiak dengan cepat jika persediaan energi sesuai dengan kebutuhan mikroba dan sebaliknya mikroorganisme akan lambat berkembangbiak apabila kondisi lingkungan tidak sesuai dengan kebutuhan mikroba.

d. Temperatur

Temperatur dari air limbah berpengaruh pada kualitas *effluent* air limbah karena mempengaruhi waktu detensi air limbah dalam reaktor dan aktivitas mikroorganisme dalam pengolahan air limbah. Temperatur yang cocok untuk *constructed wetland* dengan menggunakan tanaman *cattail* adalah 20°C - 30°C (Wood, 1993 dalam Siswoyo, 2002).

2.1.3 Keunggulan Sistem *Constructed Wetland*

Sistem *constructed wetland* mempunyai kelebihan dibandingkan dengan sistem pengolahan konvensional yang menggunakan sistem *ponds* atau *lagoon*. Kendala-kendala yang sering ditemui pada sistem *ponds* atau *lagoon* antara lain sebagai berikut :

1. Timbulnya bau dan aroma yang tidak enak.
2. Tempat berkembang biaknya lalat dan insekta lain.
3. Tingkat *removal* pengolahan yang kurang optimal.

Disamping dua sistem diatas pada umumnya pengolahan limbah juga dilakukan dengan sistem *activated sludge* atau *oxidation ditch* dimana kedua sistem tersebut memerlukan perawatan khusus dan biaya yang cukup tinggi.

Kendala-kendala diatas dapat diatasi dengan sistem *constructed wetland* karena sistem ini mempunyai beberapa keunggulan yaitu :

1. Sistem pengolahan yang di dalam tanah, genangan air akan dapat diminimalkan sehingga timbulnya bau dapat dihindari.
2. Tingkat *removal* atau efisiensi pengolahan yang cukup tinggi.
3. Tidak memerlukan perawatan khusus dalam prosesnya.
4. Sistem pengolahannya mudah dan murah.

Mempertimbangkan hal-hal di atas tampak bahwa sistem *Constructed wetland* merupakan salah satu alternatif pengolahan air limbah yang sangat potensial untuk diterapkan di Indonesia.

2.2 Padatan Tersuspensi Dalam *Constructed Wetland*

Kandungan padatan *tersuspended* dalam air limbah dapat dihilangkan dan diproduksi secara alami dalam *wetlands*. Proses utama untuk mengurangi padatan *tersuspensi* adalah dengan proses flokulasi atau sedimentasi dan proses filtrasi. Padatan *tersuspensi* di dalam *wetland* terjadi apabila ada kematian dari invertebrata, batang tanaman yang jatuh, produksi dari plankton dan mikroba didalam kolam air atau yang menempel pada permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang terpresipitasi seperti besi sulfide (USEPA,1988).

Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air dan melewati vegetasi yang terdapat di dalam *wetlands* (Merz, 2000).

Tanaman dalam *wetland* dapat meningkatkan proses sedimentasi dengan mengurangi *mixing* pada kolom air dan resuspensi dari partikel pada permukaan sediment. Selain proses sedimentasi proses agregasi juga terdapat didalam *wetlands* yaitu proses bersatunya partikel secara alami yang membentuk jonjot atau flok-flok (Merz,2000).

Proses intersepsi dan filtrasi padatan terjadi pada padatan yang terjebak dalam lapisan *litter* yang dibentuk oleh tanaman *wetland*. Distribusi dari *inflow*, aliran yang seragam, keseragaman tanaman, angin yang bertiup ke daratan menuju *wetland* secara umum mempengaruhi aliran *turbulen* kolom air dan terjadi *mixing* serta berpengaruh terhadap proses agregasi, sedimentasi, resuspensi dan proses adhesi dari partikel yang halus atau kecil. Konsentrasi padatan tersuspensi cenderung meningkat selama musim panas dan menurun pada musim hujan.

Hubungan yang terjadi dilapangan dibuatkan grafik untuk menunjukkan kecocokan antara data terukur dengan level prediksi dengan menggunakan pendekatan – pendekatan. Untuk *removal suspended solid* pada *constructed wetlands* secara umum dapat menggunakan persamaan :

$$SS \text{ effluent} = SS \text{ influent} \times (A \times B \times HLR) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana : A = 0,1139

B = 0,00213

SS = padatan tersuspensi, mg / L

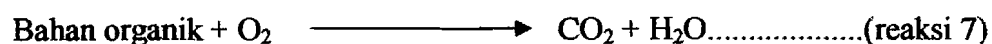
HLR = *hydraulic loading rate*, cm /hr

2.3 BOD Dalam *Constructed Wetland*

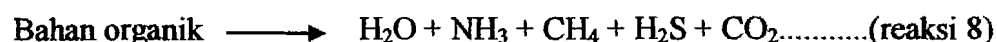
Kebutuhan Oksigen Biologis atau BOD didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengurangi bahan-bahan organik (*carboneous demand*) dan senyawa nitrogen (*nitrogenous demand*). Banyaknya oksigen yang dibutuhkan tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah dan jenis bahan organik, tetapi juga dipengaruhi oleh waktu dan suhu inkubasi. Sebagai standar inkubasi BOD ditetapkan yang paling efektif adalah suhu 20 °C dengan waktu inkubasi 5 hari karena pada waktu ini proses terurainya bahan organik terjadi. Bahan organik yang dapat diurai oleh BOD tergolong dalam senyawa organik yang mudah terurai umumnya berasal dari limbah domestik.

Air buangan sebagian besar mengandung karbon organik yang dapat didegradasikan dengan konsentrasi BOD₅ tinggi serta bahan yang membutuhkan oksigen untuk oksidasi. Siklus karbon didominasi oleh tanaman, dimulai pada proses pertumbuhan dan penyerapan nutrisi, proses kematian, dan pada proses degradasi, yang proses ini akan melepaskan nutrisi, selanjutnya kembali menjadi tanah. Pada umumnya air buangan mengandung bahan organik yang dapat didegradasikan dengan aktivitas mikroorganisme dalam *constructed wetland*.

Penguraian bahan organik oleh bakteri aerobik:



Penguraian bahan organik oleh bakteri anaerobik:



Dekomposisi dari karbon di dalam *wetland* ditentukan oleh kesetimbangan antara karbon yang masuk ke dalam *wetland* dengan suplai oksigen yang terjadi, apabila persediaan oksigen di dalam air tersebut cukup dengan yang dibutuhkan pada proses oksidasi bahan organik karbon maka proses degradasi berlangsung secara aerobik dan apabila sebaliknya maka proses dekomposisi atau degradasi berlangsung secara anaerobik. Suplai oksigen ke dalam kolom air *wetland* terjadi karena adanya difusi langsung dari atmosfer ke permukaan air dan adanya proses fotosintesis dari tanaman di dalam kolom air (Merz, 2000). Proses degradasi dan mineralisasi karbon organik terjadi pada lapisan sedimen dan lapisan *biofilm* yang tedapat pada tanaman.

Di dalam FWS, kehilangan konsentrasi dari BOD₅ terlarut tergantung dari pertumbuhan mikroorganisme yang menempel pada akar, batang dan daun tanaman yang sudah mati dan jatuh ke dalam *wetland*. Apabila tanaman menutupi seluruh areal *wetland*, maka biasanya alga tidak dapat tumbuh dan sumber utama oksigen yang paling besar untuk reaksi oksidasi adalah datang dari reaerasi pada permukaan air dan dari translokasi oksigen menuju *rhizosfer*.

Perencanaan kedalaman di dalam *Constructed wetland* air seharusnya antara 10 mm sampai 600 mm (24 inch) atau kurang untuk menjamin cukupnya distribusi oksigen. Kehilangan konsentrasi BOD di dalam *wetland* telah dideskripsikan dengan menggunakan persamaan model reaksi orde pertama, sebagai berikut:

$$C_e = \exp(-K_T t) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\frac{C_e}{C_o}$$

dimana:

C_e = effluen BOD₅ (mg/L)

C_o = influen BOD₅ (mg/L)

K_T = *temperature*, bergantung pada laju reaksi orde pertama(hari⁻¹)

t = *hydraulic residence time* (hari)

hydraulic residence time dapat dilihat dengan menggunakan persamaan:

$$t = \frac{LWnd}{Q} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana:

L = panjang (m)

W = lebar (m)

n = void ratio, 0,65 – 0,75 (porositas)

d = kedalaman air (m)

Q = debit rata-rata ($\text{flow}_{in} + \text{flow}_{out}$)/2 (m³/hari)

Temperatur yang mempengaruhi pada konstanta kecepatan reaksi dihitung berdasarkan konstanta untuk 20 °C dan dengan faktor koreksi yang digunakan adalah 1,1 (Tchobanoglous et. Al., 1980). Konstanta kecepatan reaksi K_T (hari⁻¹) pada T (°C) dapat ditentukan dengan persamaan:

$$K_T = K_{20}(1,1)^{(T-20)} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

K_{20} = rate constant pada 20 °C = 0,0057 hari⁻¹

Persamaan yang dipergunakan untuk memperkirakan hubungan BOD_{effluent} dapat juga menggunakan persamaan:

$$BOD_{\text{effluent}} = (A \times BOD_{\text{influent}}) + (B \times HLR) \dots (2.5)$$

dimana:

$$A = 0,192$$

$$B = 0,097$$

BOD = *biochemical oxygen demand* (mg/L)

HLR = *hydraulic loading rate* (cm/hari)

2.4 COD Dalam *Constructed Wetland*

COD adalah banyaknya oksigen terlarut yang digunakan untuk mengoksidasi zat organik yang ada dalam air limbah secara kimia. Banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik yang dapat teroksidasi dapat diukur dengan menggunakan senyawa oksidator kuat dalam kondisi asam (Metcalf and Eddy, 1991). Nilai COD merupakan suatu bilangan yang dapat menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi CO_2 (*carbon dioksida*) dalam air dengan perantara oksida kuat dalam suasana asam.

Pertumbuhan mikroorganisme yang cepat akan menyebabkan kebutuhan oksigen lebih banyak (proses aerasi), merupakan proses biologis murni karena air limbah campur dengan mikroorganisme kemudian diaerasi dengan periode tertentu. Semakin lama aerasi., oksigen yang terkandung semakin banyak

akibatnya jumlah bakteri bertambah. Dengan penambahan oksigen maka konsentrasi zat akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali.

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemar oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan kurangnya oksigen terlarut didalam air. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa aktivitas mikroorganisme sangat bergantung pada aktivitas akar tanaman dalam sistem *constructed wetland* untuk mengeluarkan oksigen (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, 2002). Mekanisme pengolahan dan penguraian bahan organik air limbah yang terjadi adalah:



COD juga merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan bahan-bahan organik yang ada di dalam air limbah baik yang mudah diurai maupun yang sukar diurai oleh mikroba.

2.5 pH Dalam *Constructed Wetland*

Derajat keasaman atau pH didefinisikan sebagai logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen dan merupakan ukuran tingkat kebesaran atau keasaman suatu larutan. Secara alamiah pH perairan dipengaruhi oleh konsentrasi karbondioksida bebas (CO₂) dan senyawa bersifat asam. Fitoplankton dan tanaman air lainnya akan mengambil CO₂ dari air selama proses fotosintesis, sehingga mengakibatkan pH air meningkat pada siang hari dan menurun pada malam hari (Cholik *et al*, 1991). Air murni secara kimiawi adalah netral dan memiliki jumlah ion hidrogen dan hidroksil yang sama banyaknya. Air limbah

pertanian dan rumah tangga mengakibatkan tingginya konsentrasi ion hidrogen, sehingga menunjukkan perairan bersifat asam. Sebaliknya bisa menunjukkan konsentrasi ion hidroksil (OH⁻) lebih tinggi daripada ion hidrogen. Hal ini menunjukkan bahwa perairan bersifat basa (Fardiaz, 1992). Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke sungai akan merubah pH air yang pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 1995).

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5 – 7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7 – 8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir pada pH yang rendah.

Pengaruh nilai pH pada komunitas biologi perairan dapat dilihat pada table di bawah ini :

Tabel 2.3 Pengaruh pH Terhadap Komunitas Biologi Perairan

Nilai pH	Pengaruh Umum
6,0 – 6,5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Keanekaragaman plankton dan bentos sedikit menurun 2. Kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas tidak mengalami perubahan
5,5 – 6,0	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penurunan nilai keanekaragaman plankton dan bentos semakin tampak 2. Kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas masih belum mengalami perubahan yang berarti 3. Algae hijau berfilamen mulai tampak pada zona litoral
5,0 – 5,5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, periphyton dan bentos semakin besar 2. Terjadi penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos 3. Algae hijau berfilamen semakin banyak 4. Proses nitrifikasi terhambat
4,5 – 5,0	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, periphyton dan bentos semakin besar 2. Penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos 3. Algae hijau berfilamen semakin banyak 4. Proses nitrifikasi terhambat

Sumber : modifikasi Baker et al., 1990 dalam Efendi, 2003

Pada pH < 4, sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah. Namun ada sejenis algae yaitu *Chlamydomonas acidophila* mampu bertahan pada pH =1 dan algae *Euglena* pada pH 1,6.

2.6 DO Dalam *Constructed Wetland*

Oksigen terlarut adalah oksigen yang terdapat di dalam air (dalam bentuk molekul oksigen, bukan dalam bentuk molekul hydrogen oksida) dan biasanya dinyatakan dalam mg/l (ppm). Oksigen terlarut merupakan parameter penting untuk mengukur pencemaran air. Kandungan oksigen terlarut dibawah 3 ppm akan membahayakan organisme dalam perairan karena dapat mengakibatkan kematian. Mahida (1986) menyatakan bahwa oksigen terlarut tergantung pada suhu, gerakan air, luas permukaan air dan tekanan air.

Kepekatan oksigen terlarut tergantung kepada:

1. Suhu
2. Fotosintesis yang terjadi pada tanaman
3. Tingkat penetrasi cahaya yang tergantung kedalaman dan kekeruhan
4. Tingkat kekerasan aliran air
5. Jumlah bahan organik yang diuraikan dalam air seperti sampah, ganggang mati atau limbah.

Ujicoba oksigen terlarut sangat penting untuk menjamin keadaan aerobik perairan yang menampung limbah. Dalam pengendalian pencemaran air, ikan, tetumbuhan dan binatang lain perlu berkembang biak. Hal ini perlu pemeliharaan oksigen terlarut yang dapat menunjang tata kehidupan di dalam air dengan keadaan yang sehat. Adanya oksigen bebas ini sangat diperlukan oleh berbagai biota air (misalnya ikan hanya dapat hidup di air yang mempunyai kandungan oksigen bebas lebih besar 3 ppm). Oksigen bebas dalam air dapat berkurang bila dalam air terdapat kotoran atau limbah organik yang *degradable*.

Dalam air kotor selalu terdapat bakteri (bakteri aerob dan anaerob). Bakteri aerob adalah bakteri yang memerlukan oksigen bebas dalam hidupnya sedangkan bakteri anaerob adalah bakteri yang tidak memerlukan oksigen bebas dalam hidupnya.

Bakteri aerob dan anaerob akan menguraikan zat organik dalam air menjadi persenyawaan yang sederhana. Selama ini air mengandung oksigen bebas cukup banyak, maka yang bekerja atau tumbuh berkembang adalah bakteri aerob. Bakteri aerob akan merubah persenyawaan organik menjadi bentuk persenyawaan

yang tidak berbahaya (yang dikehendaki manusia). Misalnya nitrogen dirubah menjadi persenyawaan nitrat, belerang dirubah menjadi persenyawaan sulfat, bila oksigen bebas dalam air itu habis atau sangat kurang, maka yang bekerja atau tumbuh dan berkembang adalah bakteri anaerob. Bakteri anaerob merubah persenyawaan organik menjadi bentuk persenyawaan sederhana (tidak dikehendaki manusia). Misalnya nitrogen dirubah menjadi amoniak, belerang dirubah menjadi *hydrogen sulfide*, yang keduanya berbentuk gas dan bau.

2.7 Cr Dalam *Constructed Wetland*

Chrom pada umumnya bisa berbentuk padatan (kristal CrO_2 CrO_3 , larutan uap dan dikromat). Chrom dalam larutan biasanya berbentuk ion *trivalen* dan ion *heksavalen* (Cr^{3+} dan Cr^{6+}). Dalam larutan basa dengan pH 8 – 10 terjadi pengendapan Cr^{3+} dalam bentuk $\text{Cr}(\text{OH})_4$. Sebenarnya chrom dalam bentuk *trivalen* ini tidak begitu berbahaya dibandingkan dengan bentuk *heksavalen*, namun dikhawatirkan adalah apabila bertemu dengan oksidator yang akan mengubah chrom *trivalen* menjadi chrom *heksavalen*. Chrom *heksavalen* dari buangan industri terdapat dalam bentuk kromat (CrO_4) dan dikromat (CrO_3) (Martopo, 1990).

Kegunaan chrom adalah sebagai bahan kimia pembantu pada pabrik tinta sebagai zat pewarna, pada pabrik cat dan industri lain dengan proses pencelupan dan penyamakan kulit. Senyawa chrom ini sangat berbahaya karena dapat merusak protein dengan cepat. Distribusi yang berbeda-beda antara 0,4 ppm

sampai dengan 11 ppm dan apabila dikonsumsi manusia selama satu tahun akan terakumulasi dengan jumlah besar berada di limpa, tulang, ginjal dan liver.

Dalam badan perairan Cr dapat masuk melalui dua cara, yaitu secara alamiah dan non alamiah. Masuknya Cr secara alamiah dapat terjadi disebabkan oleh beberapa faktor fisika seperti erosi atau pengikisan yang terjadi pada batuan mineral. Disamping itu debu-debu dan partikel-partikel Cr yang di udara akan dibawa turun oleh air hujan. Masuknya Cr yang terjadi secara non alamiah lebih merupakan dampak atau efek dari aktivitas yang dilakukan manusia. Sumber-sumber Cr yang berkaitan dengan aktivitas manusia dapat berupa limbah atau buangan industri sampai buangan rumah tangga.

Kontaminasi chrom dapat terjadi melalui :

1. Pengisian udara tercemar

Dengan menghisap udara yang tercemar chrom akan mengakibatkan peradangan dan kanker paru-paru. Di Amerika kasus ini mengakibatkan kematian sebesar 4 kali angka kematian normal dan dalam kasus yang serupa (karsinoma paru-paru)

2. Kontak langsung

Bisul merupakan salah satu ciri luka yang diakibatkan oleh kontak langsung dengan chrom pada kulit dan luka akan membengkak berubah selama beberapa minggu. Selain itu karakter luka akibat kontak langsung dengan chrom dapat pula terjadi pada hidung, lalu merambat keselaput lendir dan pembengkakan pada saluran pernapasan.

3. Makanan dan minuman

Chrom yang masuk kedalam tubuh manusia melalui air minum akan menumpuk di liver, limpa dan ginjal secara bersamaan, dalam waktu yang panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker, selain itu chrom akan dengan cepat menyebar ke pembuluh darah.

Chrom merupakan salah satu unsur logam berat yang sangat beracun dan berbahaya bagi kesehatan manusia, sehingga ditetapkan batas ambang chrom untuk udara $0,1 \text{ mg/m}^3$ dan untuk air ditetapkan 0,05 ppm.

2.8 Tanah Sebagai Media Pertumbuhan Tanaman

Menumbuhkan tanaman memerlukan (i) air, (ii) oksigen, (iii) karbon dioksida, (iv) unsur-unsur mineral, (v) penunjang mekanis, (vi) cahaya dan (vii) panas. Dengan kadar air yang biasa, tanah-tanah mengatur suhu dan menolong mengurangi pengaruh fluktuasi tinggi suhu udara atmosfer. Kadar hawa dalam tanah mensuplai oksigen pada akar tanaman dan memelihara kondisi-kondisi aerobik untuk kegiatan bakteri yang dibutuhkan bagi pembenahan air limbah.

Tanah menyimpan dan mensuplai oksigen, zat hara bagi pemakaian tanaman yang menyediakan tunjangan mekanis untuk tanaman. Tanah dapat juga mengandung atau menimbun kedua-duanya dibawah irigasi biasa dan irigasi air limbah. Unsur-unsur beracun bagi tanaman-tanaman seperti garam-garam yang berlebihan atau unsur yang beracun lainnya. Tanah dapat mengembangkan reaksi alkalis atau asam yang berlebih-lebihan, dan sekali-kali dapat sangat terpecah-pecah. Perubahan-perubahan yang diakibatkan dalam hal lainnya harus dipelajari

dalam mengevaluasi akibat-akibat dari irigasi air limbah pada tanah sebagai media pertumbuhan tanaman (Mahida, 1986).

2.9 Industri Penyamakan Kulit

Industri penyamakan kulit termasuk kelompok industri yang mengeluarkan banyak limbah berupa cairan. Dalam industri penyamakan kulit, air buangan yang dihasilkan sangat bervariasi sifatnya. Pada proses penyamakan Cr yang mempengaruhi penyamakan adalah sisa garam chrom dari natrium sulfida. Garam chrom perlu mendapat penanganan yang baik karena digolongkan sebagai pencemar yang berbahaya.

Penyamakan sesungguhnya adalah merupakan suatu proses atau penembusan kulit bloten dengan suatu bahan yang dapat mencegah terjadinya pembusukan pada kulit tanpa menimbulkan akibat yang merugikan pada kuat tarik dan kemulurannya.

Penyamakan kulit didefinisikan sebagai suatu proses kulit mentah yang mudah busuk menjadi kulit yang tersamak yang tahan terhadap kerusakan yang dikarenakan oleh air, panas, mikroorganisme

Kulit mentah + bahan penyamak \longrightarrow kulit tersamak

Pada proses penyamakan kulit terdapat perbedaan sifat kimia maupun fisika. Kulit mentah mudah sekali membusuk dalam keadaan kering, kulit keras dan kaku, sedangkan kulit tersamak adalah sebaliknya.

2.9.1 Sumber Dan Karakteristik Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit

Limbah pabrik penyamakan kulit berasal dari larutan yang digunakan untuk pemrosesan yaitu perendaman air, pengilangan bulu, pemberian bubuk kapur, perendaman amonia, pengasaman, penyamakan, pemucatan, pewarnaan dan lain-lain. Pengilangan bulu dengan kapur dan sulfida merupakan penyumbang utama bahan pencemar dalam pabrik penyamakan kulit (Emdi, 1994).

Tabel 2.4 Sumber Air Buangan Industri Penyamakan Kulit

Jenis Produksi	Hasil Buangan
Perendaman	Sisa darah, garam, bulu, detergen, dan kotoran lainnya
Pengapuran	Limbah kapur, natrium sulfida, bau, sisa daging, sisa lemak dan kotoran lainnya
Pembuangan daging	Sisa daging dan lumpur
Pengasaman	Limbah sisa cairan asam, NaCl, HCOOH dan H ₂ SO ₄
Penyamakan	Asam, minyak, amoniak, dan mineral
Crush dyeing	Sisa penyamakan, sisa cat dan lemak
Pengecatan	Sisa cat, lemak, khrom dan thinner

Sumber : Emdi, 1994

Adapun karakteristik air limbah dari penyamakan kulit mengandung zat organik yang tinggi, zat padat tersuspensi, sulfida, dan logam chrom yang cukup tinggi (Oetoyo et. al, 1981)

Karakteristik limbah penyamakan kulit, yaitu :

1. BOD

BOD (Kebutuhan Oksigen Biokimia) yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mengoksidasi atau menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air pada kondisi aerobik, jadi BOD dapat dijadikan sebagai indikator pencemaran bahan organik dalam air (Djajadiningrat, 1992)

Pada air limbah penyamakan kulit BOD berasal dari bahan organik seperti pada rambut yang hancur, sisa daging dan bahan lain yang terdapat pada kulit mentah (Oetoyo et. al, 1981).

2. COD

COD (Kebutuhan Oksigen Kimia) yaitu banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air limbah melalui proses kimia (Djajadiningrat, 1992).

Air limbah yang mengandung zat beracun (logam berat khrom), penguraiannya secara kimia dapat dilakukan dengan bantuan indikator seperti $K_2Cr_2O_4$ (kalium Bichromat) dan tidak dioksidasi sempurna secara biologi, tetapi langsung dapat dioksidasi secara kimia (Oetoyo et al, 1981)

Hasil uji COD pada umumnya mempunyai angka yang lebih tinggi daripada uji BOD karena uji COD dapat mengoksidasi beberapa komponen yang tidak dapat dioksidasi dengan pertolongan mikroorganisme. Tetapi dengan uji COD bahan organik yang dapat dioksidasi hanya karbon (C) dan hidrogen (H).

Dalam air buangan industri penyamakan kulit uji COD memegang peranan penting karena mengandung zat-zat organik yang sukar dioksidasi oleh mikroorganisme dan juga air buangan tersebut mengandung zat yang bersifat racun terhadap mikroorganisme.

3. Zat Padat Tersuspensi

Zat padatan tersuspensi atau TSS merupakan bagian total zat padat sebesar 40% dalam keadaan terapung, yang dapat mengambang atau mengendap

dan dapat membentuk tumpukan lumpur yang berbau bila dibuang. Beberapa zat padat tersuspensi yang terapung ini akan mengendap dengan cepat, tetapi yang berukuran koloid akan mengendap perlahan-lahan atau tidak sama kali. Zat padat dari industri penyamakan kulit berasal dari rambut atau bulu-bulu dari sisa-sisa bahan penyamakan.

4. Chrom

Sesuai dengan bahan penyamak yang dipakai yaitu khrom sulfat maka air buangnya juga mengandung chrom. Chrom dalam larutan biasanya dijumpai dalam valensi 3+ dan 6+. Kandungan chrom di dalam limbah industri penyamakan kulit berasal dari zat penyamak kulit yang berupa chrom oksida (CrO_3) dan larutannya berbentuk dichromat (CrO_7). Chrom bervalensi 3 relatif lebih tidak berbahaya dibandingkan chrom bervalensi 6.

5. Sulfida

Air buangan yang mengandung sulfida dapat melepaskan gas hidrogen sulfida (H_2S) ke udara. Pada air limbah penyamakan kulit sulfida berasal dari natrium sulfida (Na_2S) pada proses pembuangan bulu. Dalam suasana aerob hidrogen sulfida teroksidasi secara bakteriologis menjadi sulfat. Hidrogen sulfida bersifat racun dan berbau busuk. Hidrogen sulfida akan menghitamkan air dan lumpur yang bila terikat dengan senyawa besi membentuk Fe_2S .

6. Warna

Buangan asam yang berasal dari proses *pickling tanning* sampai dengan proses yang terakhir. Warna dari buangan asam ini hijau kebiru-biruan yang menandakan air ini mengandung chrom valensi 3 yang dipakai dalam penyamakan.

7. Bau

Buangan yang bersifat bau yang keluar dari proses *saking* sampai dengan proses *deliming bathing* berwarna kuning, coklat dan keruh serta berbau anyir dan busuk. Bau busuk ini berasal dari pembusukan daging dan adanya gas hidrogen sulfida yang berasal dari zat natrium sulfida. Gas ini timbul dalam suasana asam sehingga kadang-kadang disekitar pabrik tidak berbau busuk tetapi justru di luar lingkungan bau busuk akan timbul, hal ini disebabkan karena pada lingkungan pabrik kemungkinan bercampur dengan air buangan dari sumber lain yang bersifat asam sehingga terjadi pembuatan gas hidrogen sulfida.

8. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut adalah oksigen yang larut dalam air berasal dari fotosintesa atau secara absorpsi dari atmosfer kelarutan oksigen air rata-rata 7 ppm. Oksigen yang larut dalam air dapat mencapai kejenuhan tergantung pada suhu air tersebut, makin tinggi suhu air makin berkurang tingkat kejenuhan oksigen didalamnya, pada daerah tropis kelarutan oksigen didalam air pada udara terbuka hanya mencapai 7 – 8 ppm.

Pada air yang mengalami polusi yang berat dari bahan-bahan organik seperti halnya air buangan kulit maka mikroorganisme yang akan mencernanya memerlukan oksigen dalam jumlah yang sangat banyak untuk mengoksidasi bahan-bahan organik tersebut, hal ini dapat menyebabkan air kekurangan oksigen yang larut. Sehingga kehidupan air akan mengalami gangguan umumnya kandungan oksigen yang terlarut dalam air buangan industri penyamakan kulit sangat rendah, bahkan bisa mencapai nol.

9. NaCl

Garam NaCl adalah bahan terlarut yang banyak terdapat di dalam air buangan industri penyamakan kulit, terutama industri penyamakan kulit yang menggunakan bahan baku kulit garaman. Air buangan yang banyak mengandung NaCl dapat merugikan apabila digunakan sebagai perairan untuk pertanian dan perikanan, hal ini disebabkan karena menurunnya kemampuan akar untuk menyerap air sehingga tanaman akan mati dan pengaruhnya terhadap ikan adalah dapat menyebabkan kematian karena ikan mengalami tekanan fisiologis.

2.9.2 Bahan Baku Dari Industri Penyamakan Kulit

Pada umumnya bahan penyamakan industri perkulitan terbagi 4 golongan besar, yaitu :

1. Bahan penyamak nabati

Bahan penyamak nabati adalah bahan penyamak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang mengandung bahan penyamak. Bahan penyamak yang dihasilkan dari :

- Babakan (kulit) misalnya akasia, mahoni, pinang dan lain-lain
- Kayu
- Daun misalnya gambir, teh dan lain-lain
- Buah misalnya, pinang, manggis, dan sabut kelapa

Penyamakan dengan bahan nabati biasanya dipakai untuk pembuatan kulit lapis, sol, koper, perhiasan dan lain-lain. Bahan penyamak nabati dalam perdagangan dapat berupa : babakan yang masih utuh, babakan yang telah digiling menjadi kawul, ekstrak cair, ekstrak kering padat, ekstrak kering bubuk.

2. Bahan penyamak sintetis

Adalah bahan penyamak yang terdiri dari bahan-bahan phenol yang telah dibesarkan molekulnya dengan jalan kondensasi dan sulfitasi. Dalam perdagangan merupakan bahan penyamak yang telah siap pakai dengan nama lain seperti : *Basynatan, Irgatan, Tanigan* dan lain-lain.

3. Bahan penyamak minyak

Bahan penyamak minyak adalah bahan penyamakan yang berasal dari minyak ikan hiu atau minyak ikan lainnya, yang dalam perdagangan disebut minyak ikan kasar. Penyamak itu digunakan untuk pembuatan kulit samak dengan bulunya.

Setelah proses penyamakan dapat dikatakan tidak ada pengotoran yang menyebabkan pengotoran adalah kelebihan minyak yang larut didalam larutan Na_2CO_3 , karena kulit yang telah masak dicuci dengan larutan tersebut.

4. Bahan penyamak khrom

Bahan penyamak khrom merupakan bahan penyamak yang paling penting diantaranya bahan penyamak mineral yaitu bahan penyamak alumunium. Hal ini dikarenakan sifat-sifat khusus dimiliki oleh bahan penyamak khrom yang berhubungan dengan struktur molekul atom itu sendiri. Didalam penyamakan dikenal adanya dua valensi khrom yaitu khrom bervalensi enam dan krom bervalensi 3. Khrom heksavalen tidak mempunyai kemampuan bereaksi atau menyamak kulit sebelum direduksi menjadi khrom trivalen. Bahan penyamak khrom yang digunakan adalah garam yang mengandung atom-atom yang bervalensi 3. Garam khrom trivalen ini dapat membentuk ikatan dengan asam-asam amino cabang dalam struktur protein yang relatif.

Bahan penyamak khrom berupa Cr_2O_3 (*Chromium Oksida*) banyak dipasarkan dengan kadar 25%. Bahan penyamak khrom dalam perdagangan dikenal seperti *Chrommetan Powder*, *Chrommosa Powder* dan *Chrommalin*.

Bahan baku proses penyamakan kulit terdiri dari (Anonim, 1994) :

1. Bahan kulit utama, yaitu :

- Kulit domba
- Kulit kerbau atau sapi

2. Bahan pendukung, yaitu :

- Garam dapur (NaCl)
- Asam Sulfat (H_2SO_4)
- Anti Septik (fungisida)
- Kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)
- Detergen (bahan pencuci)
- Soda kue (NaHCO_3)
- Amonium Sulfat (NH_4SO_4)
- Natrium Sulfida (Na_2S)
- Natrium Formiat (HCOONa)
- Chromosal, Chrom Oksida (Cr_2O_3)
- Solvent (pelarut) dan thinner untuk pengecatan
- Sodium asetat
- Macam-macam minyak seperti minyak ikan atau minyak gajah
(*sulfiter oil dan sulfeneter*)

2.9.3 Proses Penyamakan Kulit

Proses penyamakan kulit terdiri dari berbagai proses, yaitu :

1. Pengawetan

Pengawetan kulit mentah dengan menggunakan garam dapur, bertujuan untuk pengawetan sementara agar kulit tidak busuk (Anonim, 1994).

2. Perendaman (*soaking*)

Maksud perendaman ini adalah untuk mengembalikan sifat-sifat kulit mentah seperti dalam keadaan semula, lemas, lunak dan sebagainya. Selain itu juga merupakan pencucian kulit terhadap garam, kotoran dan darah.

Pelaksanaannya dengan menggunakan pengontrol pH yang tinggi yaitu 11 – 14. Kulit mentah kering setelah ditimbang kemudian direndam dalam 800 – 1000% air yang mengandung 1 gr/lit obat pembasah dan antiseptik, misalnya tepol, molescal, cismolan, dan sebagainya selama 1 sampai 2 hari. Kulit distrek dengan pisau strek pada bagian dagingnya, diputar dalam drum tanpa air selama setengah jam agar serat-serat kulit menjadi lebih kendor, sehingga mudah dimasuki, agar kulit cepat menjadi basah kembali. Pekerjaan perendaman ini dianggap cukup bila kulit telah menjadi lemas, lunak tidak memberikan perlawanan dalam pegangan, atau bila berat kulit telah menjadi 220 – 250 % dari berat kulit mentah kering yang berarti kadar air mendekati kulit segar (60 – 65 %).

3. Pengapuran (*liming*)

Kulit setelah cukup lemas kemudian masuk pada proses pengapuran. Kulit direndam dalam larutan:

- 6 – 10 % kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).
- 3 – 4 % Natrium sulfida (Na_2S)
- 300 – 400 % air (semua dihitung dari berat kulit setelah perendaman).

Perendaman ini memerlukan waktu 2 – 5 hari, menurut kebutuhan.

Tujuannya adalah untuk :

- Merontokan bulu pada kulit
- Membuang lapisan kulit yang paling atas

4. Pembuangan daging (*fleshing*)

Proses ini dimaksudkan untuk menghilangkan sisa-sisa daging dan otot yang masih melekat pada kulit. Pada proses ini menggunakan mesin buang daging (*fleshing machine*).

5. Pembelahan (*splitting*)

Untuk pembuatan kulit asam dari kulit-kulit mentah yang tebal kulit harus ditipiskan menurut tebal yang dikehendaki dengan jalan membelah kulit tersebut dengan mesin belah. Dengan tujuan untuk meratakan ketebalan kulit.

6. Pembuangan kapur (*deliming*)

Bertujuan untuk menghilangkan kadar kapur yang ada dengan cara mencuci kulit menggunakan air bersih, kemudian dimasukkan dalam drum

yang berisi larutan Amonium Sulfat (NH_4SO_4) sebanyak 1,5 % dari berat kulit setelah pembelahan, Asam Format (HCOOH) sebanyak 1% dari berat kulit, kemudian drum diputar selama 3 – 4 jam (Anonim, 1994).

7. Pelemasan (*bating*)

Maksud dari proses ini adalah untuk melanjutkan pembuangan semua zat-zat yang bukan kolagen yang belum terhilangkan dalam proses pengapuran secara enzimatik. Obat untuk pelemasan biasanya dipakai oropon atau enzillon yang didalamnya mengandung enzim-enzim yang memakan lemak, protein dan lainnya. Juga mengandung ammonium sulfat yang akan bereaksi dengan kapur dan akan bereaksi dengan pH. Enzim-enzim tersebut dapat bekerja baik dalam lingkungan pH 8 dengan suhu 36°C .

8. Pengasaman (*pickling*)

Kulit dimasukkan kedalam drum yang berisi air, garam dapur (NaCl) sebanyak 15 % dari berat kulit setelah pembuangan kapur, asam sulfat (H_2SO_4) sebanyak 1 % dari berat kulit. Kemudian diputar selama 8 – 10 jam. Pada proses ini terjadi penurunan berat kulit sebanyak 10 % (Anonim, 1994).

Tujuannya adalah untuk mengasamkan kulit agar dapat menyesuaikan dengan pH bahan penyamak.

9. Penyamakan (*tanning*)

Proses ini bertujuan untuk mengubah kulit mentah yang bersifat labil menjadi kulit tersamak yang bersifat stabil terhadap pengaruh

mikroorganisme dan pengaruh alam lainnya. Selain itu juga agar kulit tahan terhadap panas, bakteri dan zat kimia.

Proses penyamakan ini dilakukan dalam drum yang berisi larutan air, krom oksida (Cr_2O_3) sebanyak 7 – 8 % dari berat kulit setelah pengasaman, sodium formiat (HCOONa) sebanyak 1 % dari berat kulit, kemudian drum tersebut diputar selama 8 jam sampai kulit yang diputar berwarna biru (*wet blue*) (Anonim, 1994).

10. Pengetaman (*shaving*)

Dikerjakan untuk kulit atasan samak nabati, krom dan sintetis.

11. Pemucatan (*bleaching*)

Hanya dikerjakan untuk kulit samak nabati dan biasanya digunakan asam-asam organik seperti $(\text{COOH})_2$.

12. Penetralan (*netralizing*)

Hanya dikerjakan untuk kulit samak krom saja karena lingkungan kerjanya adalah sangat asam, pH 3 – 4, maka perlu dinetralkan kembali agar tidak mengganggu dalam proses selanjutnya. Biasanya digunakan garam alkali, misalnya NaHCO_3 , neutrigen dan lainnya.

13. Pengecatan dasar

Cat dasar untuk kulit dipakai cat aniline. Cat ini ada 3 macam, yaitu :

- a. Cat aniline direk, untuk kulit samak krom
- b. Cat aniline asam, untuk kulit samak krom dan nabati
- c. Cat aniline basa, untuk kulit samak nabati

14. Penggemukan (*fatliquoring*)

Proses ini bertujuan untuk melemaskan serat-serat kulit sehingga tahan tarik dan lebih elastis. Kulit yang telah dicat dasar dimasukkan dalam drum yang berisi minyak (larutan *sulfeter fish oil*). Drum diputar selama 60 – 90 menit.

15. Pengeringan (*drying*)

Kulit setelah melalui proses penggemukan diperah airnya dengan mesin atau tangan kemudian dikeringkan yang gunanya untuk menghentikan semua proses kimia didalam kulit. Hal ini dilakukan dengan cara dijemur sampai kering selama kurang lebih 3 hari. Kadar air pada kulit menjadi 3 – 14 %.

16. Pelembaban

Setelah kulit kering dibiarkan 1 – 3 hari pada udara biasa agar kulit menyesuaikan dengan kelembaban udara disekitarnya. Kulit kemudian dilembabkan dengan ditanam dalam serbuk kayu yang mengandung air 50 – 55 % selama satu malam.

17. Penyelesaian (*finishing*)

Merupakan proses terakhir dalam penyamakan kulit yaitu proses :

- Pengecatan tutup
- Larutan pengkilat tutup

18. Pengukuran dan pengepakan

Kulit diseleksi untuk diukur dan pengepakan. Kemudian dikirim dan dijual baik di dalam maupun luar negeri.

2.10 Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Tanaman air adalah tanaman yang tumbuh subur di dalam badan air, yang kadang dapat menimbulkan masalah jika pertumbuhannya cepat dan banyak. Tanaman ini dapat mengotori saluran-saluran air sehingga mengurangi potensi penggunaan suatu mata air.

Tumbuhan air dapat dibagi atas empat wujud yang berlainan :

- Jenis tumbuhan mengapung, mencakup ganggang apung renik (*fitoplankton*), Lemna, Wolwfa, Salvinia, Kayu apu (*Pistia Stratiotes*), dan enceng gondok.
- Jenis daun merapung, tumbuhan ini berakar tapi daunnya bertangkai panjang sampai ke permukaan air. Contohnya seperti teratai.
- Jenis timbul, tumbuhan ini juga mengakar tapi bagian batangnya mencuat keatas air yang termasuk jenis ini adalah *Typia* dan *Pragnaties*.
- Jenis terendam, tumbuhan ini paling banyak diantara tumbuhan air dan dapat menyesuaikan lingkungan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan regenerasi (perkembangan) tanaman air ini adalah :

1. Cara berkembang biak dan penyebaran

Tanaman air mempunyai sifat pertumbuhan dan regenerasi yang cepat. Sebagian tanaman ini berkembang baik secara vegetatif, terbawa air dan cepat berkembang.

2. Ketersediaan air

Fluktuasi air yang besar antara musim penghujan dan kemarau serta adanya ombak yang cukup besar menyebabkan tanaman air tidak dapat tumbuh. Fluktuasi air kurang lebih 40 cm akan memacu tumbuhan air cepat tumbuh.

3. Cahaya matahari dan suhu

Tanaman air ini memerlukan banyak cahaya matahari untuk fotosentesis dengan suhu optimum antara 25 – 30 °C. Hal ini dijumpai pada kondisi iklim tropik. Pertumbuhan tanaman ini normal dalam kondisi intensitas cahaya 40 – 60%. Oleh karena itu dapat hidup baik di bawah lindungan padi yang rapat.

4. Unsur hara

Pada umumnya tanaman air sangat tahan terhadap unsur hara yang rendah didalam air, tetapi respon terhadap unsur hara yang tinggi juga sangat besar.

Kiapu merupakan tanaman air yang termasuk mengambang dipermukaan air dan jenis tanaman air tawar daerah tropis, bentuknya mirip sekali dengan kol atau kubis yang berukuran kecil. Tanaman kiapu juga dikategorikan atau dikelompokkan kedalam gulma air, baik disawah-sawah maupun di perairan lainnya seperti telaga, selokan dan rawa-rawa yang tenang dan mengalir dengan lambat. Gulma ini dapat menyebabkan gangguan tumbuhan padi akibat adanya kompetisi dalam pengambilan unsur-unsur hara (Sukman, 1991).

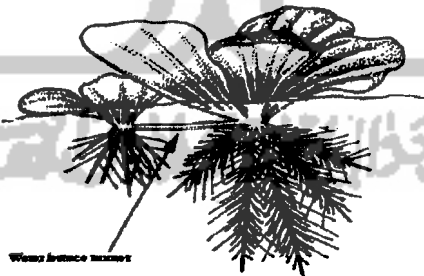


Pertumbuhan tanaman ini tidak dikehendaki oleh para petani karena dianggap dapat menghambat pertumbuhan padi dan mengurangi hasil panennya, sehingga biasanya dibuang begitu saja oleh para petani dan kadang-kadang tanaman kiapu ditanam didalam kolam ikan yang berfungsi sebagai makanan ikan.

2.10.1 Klasifikasi Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Tanaman kiapu dalam tata nama (sistematika) tumbuhan menurut Sukman (1991) diklasifikasikan ke dalam :

- Divisio : *Spermatophyta*
 Kelas : *Monocotyledoneae*
 Ordo : *Aricales*
 Famili : *Araceae*
 Genus : *Pistia*
 Spesies : *Pistia Stratiotes*

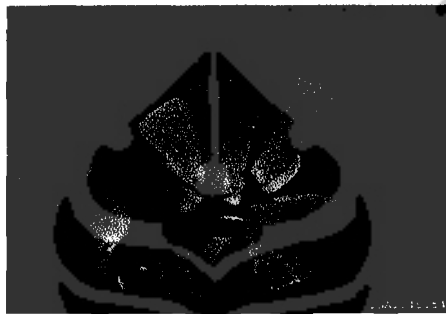


Gambar 2.6 Tanaman Kiapu

2.10.2 Morfologi Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Berdasarkan tempat habitatnya kiapu termasuk kelompok tanaman mengapung dan mengambang dengan ketinggian sekitar 5 – 10 cm. Akarnya

banyak dipenuhi bulu-bulu akar yang halus, panjang dan lebat. Bentuk daunnya berupa sendok, lidah atau rompong dengan ujung melebar. Ukuran daunnya 7 -10 cm dengan lebar 2 – 5 cm. Daunnya berwarna hijau muda makin ke pangkal makin putih dengan bentuk roset serta tidak mudah basah. Karangan daunnya tiga-tiga, yang dua terampung dan berambut sedangkan yang lainnya masuk kedalam air. Batangnya kecil dan bercabang, terletak sejajar dengan permukaan air.



Gambar 2.7 Daun Tanaman Kiapu



Gambar 2.8 Akar Tanaman Kiapu

2.10.3 Syarat Hidup Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan kiapu adalah sebagai berikut :

1. Air

Ketersediaan air harus terjamin dan mencukupi selama pertumbuhan kiapu, karena kiapu merupakan tumbuhan air yang tumbuh dan berkembang di atas permukaan air. Agar laju pertumbuhan, akumulasi biomassa dan konsentrasi N kiapu dapat meningkat, maka ketinggian air minimum 3 – 5 cm. Dapat hidup di daerah tropis pada air tawar yang menggenang atau mengalir lambat.

2. Unsur hara

Unsur hara sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan kiapu, terutama unsur C, H, O, N, S, P, Ca, K, Mg, dan Fe.

3. Derajat keasaman (pH) air

Kiapu dapat hidup di lahan yang mempunyai derajat keasaman (pH) air 3,5 - 10. Agar pertumbuhan kiapu menjadi baik, pH air optimum berkisar antara 4,5 – 7.

4. Cahaya

Intensitas cahaya matahari dapat mempengaruhi pertumbuhan kiapu. Apabila cahaya matahari terhalang, pertumbuhan kiapu dapat terhambat.

5. Temperatur

Temperature merupakan salah satu faktor lingkungan penting bagi pertumbuhan kiapu. Temperature optimum berkisar 20 – 30°C.

6. Kelembaban

Kelembaban relatif optimum yang dikehendaki untuk pertumbuhan kiapu antara 85%-90%. Kelembaban relatif dibawah 60% dapat menyebabkan daun kiapu mengering.

7. Angin

Populasi kiapu yang tumbuh di atas air akan mudah terdorong oleh angin yang keras dan berkumpul di ruang tertentu. Akibatnya kiapu menjadi padat. Hal ini dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangannya

2.10.4 Keunggulan Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Tanaman kiapu mempunyai keunggulan seperti (Sukman, 1991) :

- a. Daya berkecambah yang tinggi
- b. Tahan terhadap gangguan tempat hidup
- c. Pertumbuhan cepat

- d. Tidak peka terhadap sinar matahari
- e. Tingkat absorpsi atau penyerapan unsur hara dan air yang besar
- f. Daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim

2.10.5 Fisiologi Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

2.10.5.1 Proses Fotosintesis

Proses fotosintesis merupakan kemampuan tumbuhan untuk menggunakan zat karbon dari udara untuk dirubah menjadi bahan organik serta diassimilasikan di dalam tubuh tanaman. Peristiwa ini hanya berlangsung jika ada cukup cahaya matahari. Pada proses fotosintesis, zat-zat organik H_2O dan CO_2 oleh klorofil diubah menjadi zat organik karbohidrat dengan pertolongan sinar matahari.

2.10.5.2 Proses Transpirasi

Transpirasi adalah suatu proses penguapan air yang terjadi makhluk hidup terutama pada tumbuhan. Tumbuhan mutlak melakukan transpirasi, karena proses transpirasi selalu berkaitan dengan unsur hara. Dalam proses transpirasi ini terpengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor luar maupun faktor dalam.

Faktor-faktor dalam adalah besar kecilnya daun, tebal tipisnya daun, berlapiskan lilin atau tidaknya permukaan daun, banyak sedikitnya bulu pada permukaan daun, banyak sedikitnya stomata serta bentuk dan lokasi stomata. Sedangkan faktor-faktor luar seperti radiasi, temperatur, kebebasan udara, tekanan udara, angin dan keadaan air di dalam tanah.

2.10.5.3 Proses Respirasi

Respirasi yaitu proses pembongkaran dimana energi yang disimpan ditimbulkan kembali untuk menyelenggarakan proses-proses kehidupan.

2.10.5.4 Proses Pengangkutan Unsur Hara

Dalam proses pengangkutan unsur hara dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama adalah pengangkutan secara horizontal yang dilakukan oleh jaringan yang ada dalam tumbuhan. Jaringan tumbuhan yang melakukan pekerjaan tersebut adalah korteks, bulu-bulu akar akhirnya sampai di pembuluh kayu (*xylem*).

Pengangkutan tahap kedua dilakukan secara vertikal yaitu pengangkutan unsur hara dari bawah ke atas. Dalam pengangkutan secara vertikal dikenal beberapa teori yaitu :

1. Teori vital, teori yang mengemukakan bahwa pengangkutan unsur hara dan air dimulai dari bawah keatas (secara vertikal) oleh tumbuhan yang bersangkutan dan dilakukan karena adanya pertolongan sel-sel hidup.
2. Teori adhesi, teori yang menyatakan bahwa air dan unsur-unsur hara dapat terangkut ke atas karena adanya gaya tarik menarik antara molekul-molekul air yang terdapat pada tumbuhan tersebut.
3. Teori kapilaritas, teori pengangkutan yang menyatakan bahwa air dan unsur hara yang terlarut di dalamnya akan tersangkut ke atas dikarenakan adanya gaya tarik menarik antara molekul air yang terdapat pada dinding *xylem* tumbuhan. (Dwidjoseputro, 1992).

2.10.6 Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*) pada Pengolahan Air Limbah

Tanaman kiapu mempunyai ciri berupa daya penyesuaian yang tinggi dan tahan terhadap gangguan tempat hidupnya memungkinkan kiapu untuk hidup dikolam air limbah. Daya berkecambah yang tinggi, pertumbuhan yang cepat, daya regenerasi yang kuat dan tingkat penyerapan serta penggunaan unsur hara dan air yang besar memungkinkan kiapu merubah secara tepat unsur hara yang terdapat didalam air limbah menjadi biomasnya (Sukman, 1991).

Kiapu yang mempunyai akar yang lebat dan banyak serta dipenuhi bulu-bulu akar yang halus, menjadikan sebagai tempat pertumbuhan bagi mikroorganisme rhizospera yang berperan dalam penguraian bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah.

Pada tanaman kiapu pengambilan air dan mineral terutama dilakukan oleh akar-akar yang muda. Air yang diserap oleh ujung akar adalah sangat sedikit. Di daerah yang banyak terdapat rambut-rambut akar berlangsung penyerapan mineral yang paling utama, ion-ion secara selektif diangkat dan dihipun oleh akar-akar dan ion masuk dan keluar dari sel-sel secara pasif, sel-sel berfokula dan terdiferensiasi yang besar dan menimbun mineral.

Daun-daun kiapu dapat menghalangi sinar matahari menembus permukaan air limbah sehingga pertumbuhan massa alga dapat dicegah. Melalui proses fotosintesis kiapu dapat menyumbang oksigen ke dalam air limbah. Demikian pula dengan adanya ruang kosong antar sel sebagai alat transfortasi oksigen dari bagian atas ke bagian akar. Selanjutnya oksigen yang keluar dari daun dan akar tersebut merangsang kerja mikroorganisme rhizospera.

Untuk dapat hidup tumbuh-tumbuhan memerlukan zat makanan (unsur hara) yang diambil dalam bentuk molekul melalui daun tetapi umumnya unsur hara diambil oleh tumbuhan dalam bentuk ion-ion melalui akar. Makin panjang akar makin tersedia unsur-unsur hara bagi tanaman demikian juga bila makin besar sistem perakaran dan pertambahan volume percabangan akar akan meningkatkan penyerapan unsur-unsur hara.

2.10.7 Proses Pengolahan Air Limbah dengan Penggunaan Tanaman Kiapu

Proses penyerapan unsur-unsur hara oleh tumbuhan diawali dari hasil penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme akan diserap oleh tanaman kiapu dalam jumlah besar (Dwidjoseputro, 1992).

Kecepatan arus limbah yang masuk dalam air limbah yang ditanami kiapu akan jauh berkurang jika dibanding dengan kolam air limbah biasa. Hal ini dapat mempercepat proses sedimentasi. Pada proses sedimentasi ini terjadi penguraian bahan organik secara anaerobik, khususnya terjadi pada lapisan lumpur yang mengendap dalam dasar kolam air limbah (Neis, 1989).

Di bagian atas kolam air limbah aktivitas kehidupan mikroorganisme rhizospera adalah faktor penting untuk menghancurkan bahan organik. Kegiatan mikroorganisme di dalam kolam air limbah dapat disamakan dengan yang ada dalam kilang pengaktifan lumpur (Neis, 1989). Namun jenis mikroorganisme yang berperan dalam kolam air limbah yang ditanami kiapu jauh lebih banyak.

Aktivitas kehidupan mikroorganisme rhizosfera berlangsung secara aerob. Air limbah yang kaya bahan-bahan organik berupa protein, karbohidrat, minyak

dan lemak merupakan sumber nutrisi utama bagi mikroorganisme rhizospera. Bahan-bahan organik tersebut akan diurai menjadi senyawa-senyawa kimia berbentuk ion. Bahan organik yang mengandung nitrogen akan diurai menjadi ion nitrat, bahan organik fosfor diurai menjadi ion fosfat, bahan organik karbon diurai menjadi karbondioksida dan air (Suriawiria, 1989).

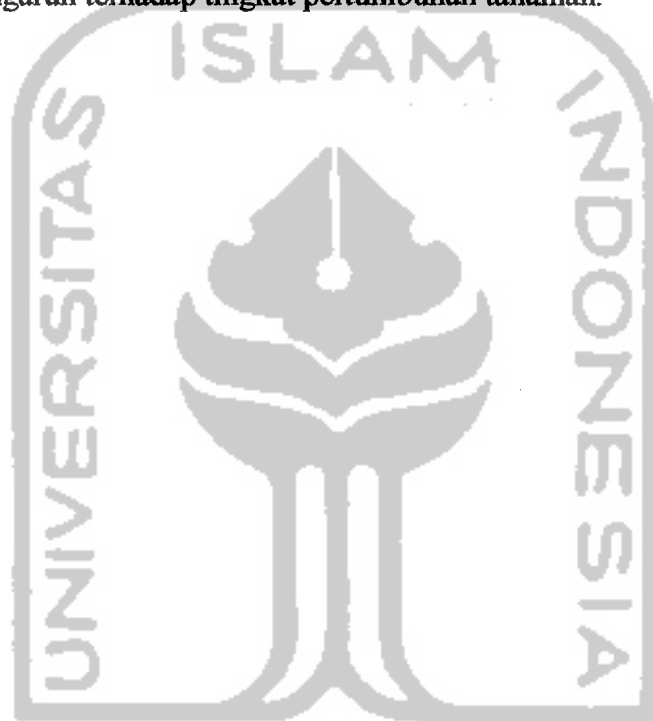
Selanjutnya hasil penguraian bahan-bahan organik mikroorganisme rhizospera akan diserap oleh kiapu dalam jumlah besar. Hal ini disebabkan karena ion-ion nitrat, fosfat, karbon dan hidrogen termasuk dalam elemen makro, yaitu unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar (Dwijoseputro, 1992). Penyerapan unsur-unsur hara oleh kiapu dilakukan pada bulu-bulu akar. Penyerapan terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi air pada media hidup dengan air dalam jaringan tanaman.

Melalui proses fotosintesis, kiapu menghasilkan oksigen melalui daun dan akar yang akan larut ke dalam air limbah. Kemudian oksigen digunakan oleh mikroorganisme rhizospera untuk kembali mengoksidasi atau menguraikan bahan-bahan organik yang masih tersisa. Demikian seterusnya siklus penguraian dan penyerapan ini berputar atas dasar hubungan simbiosis mutualisme antara mikroorganisme rhizospera dengan tanaman kiapu. Melalui siklus simbiosis ini akan terjadi pengurangan kandungan bahan-bahan organik yang berdampak terhadap penurunan BOD air limbah.

2.11 Hipotesa

Hipotesa penelitian adalah sebagai berikut :

- a. *Constructed wetlands* dengan menggunakan tanaman kiapu dapat menurunkan konsentrasi Cr, COD, TSS, dan pH.
- b. Pemanfaatan tanaman kiapu untuk penurunan Cr, COD, TSS dan pH berpengaruh terhadap tingkat pertumbuhan tanaman.



الجامعة الإسلامية في إندونيسيا