

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Lahan Basah (*Wetland Treatment*)

Definisi *wetland* secara umum adalah suatu lingkungan yang berupa tanah jenuh air yang ditumbuhi oleh tanaman air dan pada bagian permukaannya ditumbuhi oleh komunitas hewan (Cowardin dkk, 1979 dalam Siswoyo, 2002). Definisi lain dari *wetland* adalah tanah transisi antara bagian daratan dan sistem perairan dimana keberadaan air merupakan suatu keharusan, atau tanah yang diselimuti atau digenangi dengan air.

Pengolahan limbah dengan *constructed wetland* memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam area tersebut. Sistem ini terjadi aktivitas pengolahan seperti sedimentasi, filtrasi, gas transfer, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan pengolahan biologis karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman untuk proses *photosintesis*, *photooksida* dan *plant uptake* (Metcalf & Eddy, 1993 dalam Siswoyo, 2002).

Constructed wetland dapat diartikan sebagai suatu jenis pengolahan yang strukturnya direncanakan. Variabel-variabel yang direncanakan meliputi debit yang mengalir, beban organiknya tertentu, kedalaman media tanah maupun air serta adanya 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 sebagai berikut :

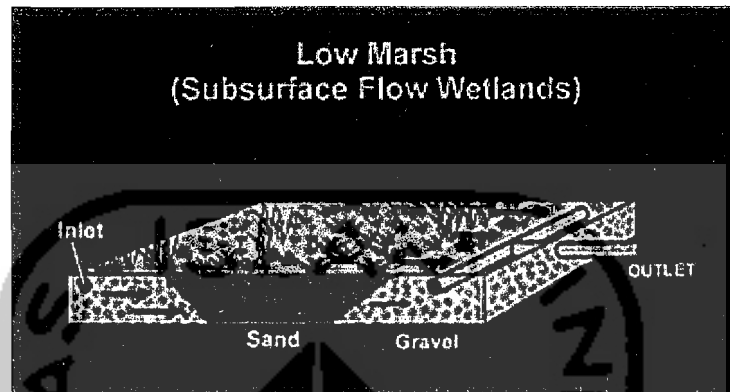
a. *Solid* (padatan)

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 dalam air limbah (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, 2002).

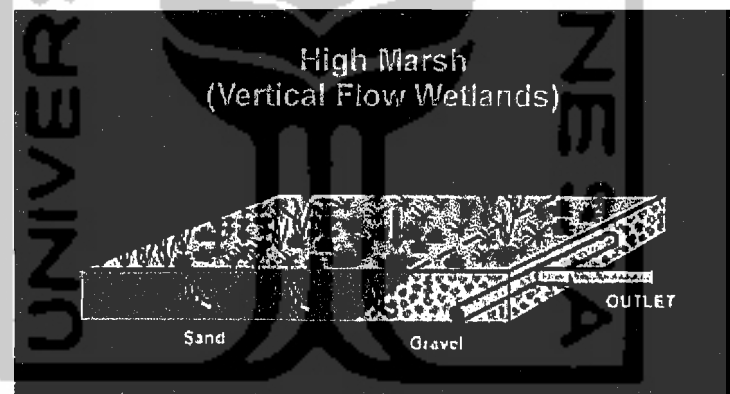
b. Bahan Organik

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*

2.1.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi proses Pengolahan

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

2.1.2.1 Tanaman

Tanaman air merupakan komponen terpenting dari *wetland* dan memberi dukungan berupa transformasi nutrient melalui proses fisik, kimia dan mikrobiologi. 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* dan *reeds* akan lebih praktis karena tanaman ini dapat dibersihkan satu kali dalam setahun (Vymazal, 1998 dalam Siswoyo, 2002).

2.1.2.2 Media Tanah

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).

2.1.2.3 Mikroorganisme

Mikroorganisme yang diharapkan dapat berkembang biak dalam sistem ini adalah mikroorganisme heterotropik aerobik, sebab pengolahan dengan mikroorganisme ini dapat berjalan lebih cepat dibanding anaerobik (Vymazal, 1999). Untuk menunjang kehidupan mikroorganisme ini, maka diperlukan pengaturan jarak tanaman. Dengan jarak yang diatur sedemikian rupa diharapkan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) akan mampu memberikan transfer oksigen yang cukup tinggi bagi kehidupan mikroorganisme yang hidup dalam tanah.

2.1.2.4 Temperatur

Temperatur dari air limbah berpengaruh pada kualitas effluent air limbah karena mempengaruhi waktu detensi air limbah dalam reaktor dan aktivitas mikroorganisme dalam mengolah air limbah (Wood, 1993).

2.1.3 Keunggulan Sistem *Constructed Wetland* dari Sistem Pengolahan Konvensional Lainnya

Selama ini pengolahan air buangan seringkali menggunakan sistem konvensional, yaitu dengan menggunakan *ponds* atau *lagoons*. Kedua jenis pengolahan tersebut seringkali menimbulkan kendala-kendala antara lain:

1. Timbulnya bau dan aroma yang tidak enak.
2. Seringkali menjadi tempat hidup lalat dan insekta lainnya.
3. Tingkat removal yang kurang optimal.

Sedangkan sistem lainnya yang sering digunakan adalah dengan menggunakan pengolahan biologis seperti *Activated sludge* atau *oxidation ditch*. Kedua sistem diatas memerlukan perawatan khusus dan memerlukan biaya yang cukup tinggi untuk operasional aerasinya.

Jika menggunakan sistem *Constructed wetland*, maka kendala-kendala di atas akan dapat diatasi. Hal ini karena sistem *Constructed wetland* ini mempunyai beberapa keunggulan antara lain:

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

Keuntungan pengolahan dengan sistem *constructed wetland* adalah biaya pengolahan dan perawatan lebih murah, mampu mengolah air limbah domestik dan industri dimana kualitas effluent yang dihasilkan terbukti baik dan sistem manajemen dan kontrol yang mudah (Grambel, 1994). Sistem *Constructed wetland* dikonstruksi sedemikian rupa dan diisi dengan batuan, tanah dan zat organik untuk mendukung tumbuhan seperti *reeds*, *cattail*, *eichornia*.

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

Berdasarkan definisi EPA dan *Water Pollution Control Federation*, sistem *Constructed wetland* dikategorikan menjadi dua tipe, yaitu :

1. Sistem *Free Water Surface* (FWS)

Secara umum sistem FWS berupa kolam atau saluran yang dilapisi lapisan impermeabel alami atau tanah liat yang berfungsi untuk mencegah merembesnya air keluar kolam atau saluran. Kolam-kolam tersebut berisi tanah sebagai tempat hidup tanaman air.

Tanaman yang biasa digunakan dalam sistem ini adalah *cattail*, *reed*, *sedge* dan *rush* (Crites dan Tchobanoglous, 1998). Pada sistem ini penurunan limbah terjadi ketika air limbah melalui akar tanaman diserap oleh bakteri dan tanaman.

2. Sistem *Sub Surface Flows* (SSF)

Pada sistem SSF, pengolahan terjadi ketika air limbah mengalir secara perlahan melalui tanaman yang ditanam pada media berpori. Media yang digunakan mempunyai batasan dari kerikil sampai pasir kasar (Crites dan Tchobanoglous, 1998). Proses yang terjadi adalah filtrasi, adsorpsi oleh mikroorganisme dan adsorpsi terhadap tanah dan bahan organik oleh akar tanaman, (Novotny dan Olem, 1994). Jenis tanaman yang digunakan dalam pengolahan sama dengan yang digunakan pada sistem FWS.

2.2 Padatan Tersuspensi Di Dalam *Constructed Wetland*

Padatan tersuspensi dapat dihilangkan dan diproduksi dalam proses alami *wetlands*. Proses utama untuk *removal* padatan tersuspensi adalah dengan proses flokulasi atau sedimentasi dan proses filtrasi atau intersepsi. Padatan tersuspensi

di dalam *wetlands* terjadi apabila ada kematian dari invetebrata, batang tanaman yang jatuh, produksidari plankton dan mikroba di dalam kolam air atau yang menempel pada permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang terpresipitasi seperti besi sulfid (USEPA, 1999). Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air dan melewati vegetasi yang terdapat didalam *wetlands* (Merz, 2000). Tanaman *wetlands* dapat meningkatkan proses sedimentasi dengan mengurangi mixing pada kolom air dan resuspensi dari partikel pada permukaan sedimen. Selain proses sedimentasi proses agregasi juga terdapat didalam *wetlands* yaitu proses bersatunya partikel secara alami membentuk jonjot atau *floc-floc* (Merz, 2000). Distribusi dari *inflow*, aliran yang seragam, keseragaman tanaman, angin yang bertiup kedaratan menuju *wetland* secara umum dapat mempengaruhi aliran *turbulen* kolom air dan terjadi *mixing* dan mempengaruhi terhadap proses agregasi dan proses sedimentasi dan proses resuspensi, dan proses adhesi dari partikel yang halus atau kecil. Hubungan yang terjadi dilapangan dibuatkan grafik yang menunjukkan kecocokan antara data terukur dengan level prediksi dengan menggunakan pendekatan-pendekatan. Untuk *suspended solid* hubungan tersebut secara umum digunakan persamaan (Reed, 1995) :

$$SS_{\text{effluent}} = SS_{\text{influent}} \times (A \times B \times \text{HLR})$$

Dimana :

$$A = 0.1139 \text{ and } B = 0.00213$$

$$SS = \text{padatan tersuspensi, mg/l}$$

$$\text{HLR} = \text{hydraulic loading rate, cm/ hari}$$

2.3 BOD₅ Di Dalam *Constructed Wetland*

Air buangan sebagian besar mengandung karbon organik yang dapat didegradasi dengan konsentrasi BOD₅ yang tinggi serta bahan yang membutuhkan oksigen lainnya untuk oksidasi. Di dalam *wetland* siklus karbon didominasi oleh tanaman, yaitu dimulai dengan proses pertumbuhan dan penyerapan nutrisi, kemudian mati dan akhirnya mengalami proses degradasi dengan melepaskan nutrisi, selanjutnya kembali menjadi tanah (Gidley, 1995).

Dekomposisi dari karbon di dalam *wetland* ditentukan oleh keseimbangan 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 terdapat 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* (Reed. et al., 1987).

Perencanaan kedalaman di dalam *Constructed wetland* air seharusnya 600 mm (24 inch) atau kurang untuk menjamin cukupnya distribusi oksigen (Reed et al., 1987). Kehilangan konsentrasi BOD di dalam *wetland* telah dideskripsikan dengan menggunakan persamaan model reaksi orde pertama, sebagai berikut:

$$C_e / C_o = \exp (- K_T * t)$$

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:

$$t = LWd / Q$$

dimana:

L = panjang (m)

W = lebar (m)

D = kedalaman air (m)

Q = debit rata-rata ($\text{flow}_{\text{in}} + \text{flow}_{\text{out}}$)/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 ($^{\circ}\text{C}$) dapat ditentukan dengan persamaan:

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

dimana:

$$K_{20} = \text{rate constant pada } 20^{\circ}\text{C} = 0,0057 \text{ hari}^{-1}$$

Persamaan yang dipergunakan untuk memperkirakan hubungan $\text{BOD}_{\text{effluent}}$ dapat juga menggunakan persamaan (Reed, 1995):

$$\text{BOD}_{\text{effluent}} = (A \times \text{BOD}_{\text{influent}}) + (B \times \text{HLR})$$

dimana:

$$A = 0,192$$

$$B = 0,097$$

BOD = biochemical oxygen demand (mg/L)

HLR = hydraulic loading rate (cm/hari)

2.4 COD Di Dalam *Constructed Wetland*

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada di dalam sampel air, pengoksidasiannya menggunakan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang digunakan sebagai sumber oksigen.

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemar oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan kurangnya oksigen terlarut didalam air.

COD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau mg/L yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi. COD juga merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan bahan-bahan organik yang ada di dalam air. COD adalah sejumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan-bahan yang dapat teroksidasi oleh senyawa oksidator, nilai COD merupakan suatu bilangan yang dapat menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi CO₂ dalam air dengan perantara oksida kuat dalam suasana asam (Benefield dan Randall, 1980).

Soewito, S (1985) mengemukakan bahwa pengukuran nilai COD sangat diperlukan, hal ini dikarenakan COD dapat menunjukkan sifat kekerasan air limbah. Standar nilai COD yang diperbolehkan adalah berkisar antara 50 mg/L – 80 mg/L sebagai O₂.

Umney (1962) mengatakan bahwa 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.

2.5 Fe (Besi) Di Dalam *Constructed Wetland*

Besi (Fe) adalah salah satu elemen kimia yang dapat ditemui disetiap tempat di bumi, berasal dari pelapukan mineral dan penyebarannya sangat luas. Besi (Fe) biasa terdapat pada tanah, pasir batuan bersama oksigen, silikon dan alumunium (Holden, 1970).

Pada air permukaan jarang ditemui kadar besi (Fe) lebih dari 0,1 mg/l, tetapi dalam air tanah kadar besi (Fe) dapat jauh lebih tinggi. Konsentrasi besi (Fe) yang tinggi dapat cepat diketahui sebab dapat menodai kain dan perkakas dapur (Alaert dan Santika, 1987).

Pada umumnya besi (Fe) dalam air dapat bersifat:

- 1) Terlarut sebagai ferro (Fe^{2+}) atau ferri (Fe^{3+}) bentuk ferri lebih stabil daripada bentuk ferro dan pada umumnya cenderung berubah menjadi bentuk ferri.
- 2) Tersuspensi sebagai butir koloidal antara lain: Fe_2O_3 , FeO , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya.
- 3) Tergabung dalam zat padat organik seperti tanah liat dan sebagainya.

Pada air yang tidak mengandung oksigen seperti air tanah, besi (Fe) berada sebagai Fe^{2+} yang cukup mudah terlarut. Sementara itu pada air sungai yang mengalir dan mengalami aerasi, Fe^{2+} teroksidasi menjadi Fe^{3+} , yang sukar larut dalam pH 6 – 8 (kelarutannya hanya beberapa g/liter) dapat menjadi ferrihidroksida atau $\text{Fe}(\text{OH})_3$, atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan dapat mengendap.

Besi (Fe) biasanya terlarut dalam bentuk Ferrobikarbonat, tetapi kadang-kadang pada air tanah, air permukaan ditemukan konsentrasi oksida besi (Fe)

yang tinggi. Dalam air yang sedikit mengandung asam sulfat, besi (Fe) dapat ditemukan sebagai ferrosulfat dan Ferrisulfat (Alaert dan Santika,1987).

2.6 Mg (Magnesium) Di Dalam *Constructed Wetland*

Komposisi hara mineral dalam tubuh tanaman tidak dapat digunakan secara langsung untuk menentukan apakah hara-hara tersebut merupakan hara esensial bagi pertumbuhan tanaman (Hartman *et al.*,1981). Hara mineral dikelompokkan sebagai hara esensial paling tidak harus memenuhi 3 kriteria (Epstein, 1972), yaitu : 1) tanpa kehadiran hara tersebut maka tanaman tidak dapat menyelesaikan siklus hidupnya, 2) fungsi hara tersebut tidak dapat digantikan oleh hara yang lain, dan 3) hara tersebut secara langsung terlibat dalam metabolisme tanaman yaitu sebagai komponen yang dibutuhkan dalam reaksi-reaksi enzimatik. Dengan demikian, sangatlah sulit untuk menggeneralisir apakah suatu hara mineral tertentu termasuk esensial atau non esensial, karena hara mineral yang satu bisa bersifat esensial bagi tanaman tertentu tetapi sebaliknya tidak esensial bagi jenis tanaman yang lain.

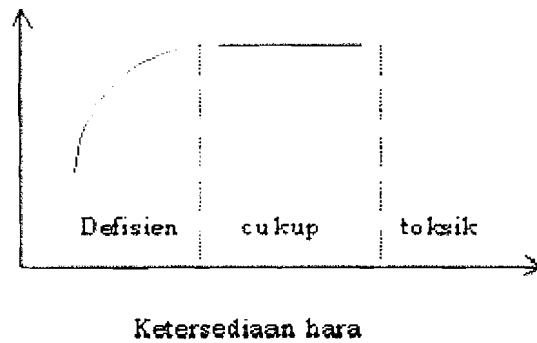
Untuk tanaman tingkat tinggi terdapat 13 jenis hara esensial yang terdiri atas kelompok hara makro (N, P, K, S, Mg dan Ca) dan kelompok hara mikro (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo dan Cl) (Janick *et al.*, 1974; Hartman *et al.*, 1981; Baligar dan Duncan, 1990). Selanjutnya Brown *et al.* (1987 dalam Salisbury dan Ross,1992) menyajikan daftar unsur hara esensial dan konsentrasinya dalam jaringan yang diperlukan agar tumbuhan dapat tumbuh dengan baik. Disebutkan bahwa nilai konsentrasi tersebut menjadi pedoman yang berguna bagi para ahli

fisiologi, pengelola kebun dan petani, karena konsentrasi unsur-unsur dalam jaringan (terutama dalam daun terpilih) lebih dapat dipercaya dari analisis tanah untuk menunjukkan apakah tanaman akan tumbuh lebih baik dan/atau lebih cepat jika unsur tertentu diberikan lebih banyak.

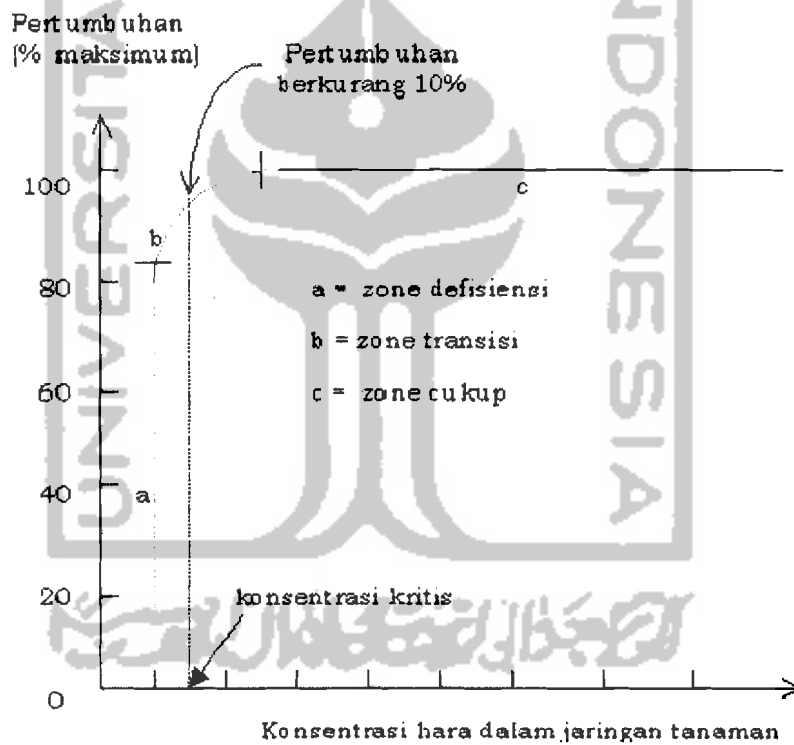
pertumbuhan tanaman (dinyatakan dalam bahan kering) dalam hubungannya dengan persediaan hara mineral dapat digambarkan dalam bentuk kurve respon pertumbuhan (Gambar 2.3). Dalam gambar tersebut dapat dilihat hara mineral dalam hubungannya dengan pertumbuhan dikelompokkan menjadi 3 daerah. Pertama; zone kahat/defisien (*deficient range*) yaitu laju pertumbuhan meningkat dengan meningkatnya persediaan hara, kedua; zone cukup (*adequate range*) yaitu laju pertumbuhan telah mencapai maksimum dan pada keadaan itu tidak dipengaruhi oleh persediaan hara tanah, dan ketiga; zone toksik (*toxic range*) yaitu laju pertumbuhan menurun dengan meningkatnya persediaan hara (Marschner, 1986).

Dalam produksi tanaman, suplai hara optimal biasanya dilakukan melalui pemupukan. Aplikasi pemberian pupuk yang rasional membutuhkan informasi jumlah hara yang tersedia dalam tanah serta status nutrisi pada jaringan tanaman. Pendekatan yang dapat dilakukan adalah disamping dengan melakukan analisis kandungan hara tanah tersedia juga dengan analisis status hara tanaman. Analisis status hara tanaman dapat dilakukan berdasarkan diagnosis gejala visual dan/atau analisis tanaman sebagai dasar untuk rekomendasi apakah diperlukan pemupukan atau tidak, pupuk jenis apa yang diperlukan dan berapa jumlahnya (Grundon, 1987; Baligar dan Duncan, 1990).

Gambar 2.4 memperlihatkan gambaran ideal laju pertumbuhan sebagai fungsi dari konsentrasi suatu unsur dalam tumbuhan. Pada rentang konsentrasi rendah yang dinamakan daerah kahat, pertumbuhan naik sangat tajam bila unsur diberikan lebih banyak dan konsentrasinya dalam tumbuhan meningkat. Di atas konsentrasi kritis (konsentrasi jaringan minimum yang menghasilkan pertumbuhan hampir maksimum, sekitar 90%), kenaikan konsentrasi akibat pemupukan tidak banyak berpengaruh pada pertumbuhan (daerah berkecukupan). Daerah berkecukupan menunjukkan adanya pemakaian unsur secara berlebihan, akibat adanya penimbunan di vacuola. Daerah tersebut cukup lebar untuk hara makro, tetapi lebih sempit untuk hara mikro. Kenaikan lebih lanjut dari unsur itu akan menyebabkan keracunan dan pertumbuhan yang menurun (daerah beracun) (Epstein 1972; Baligar dan Duncan, 1990).



Gambar 2.3 Hubungan antara ketersediaan hara dengan pertumbuhan tanaman (Marschner, 1986)



Gambar 2.4 Gambaran umum pertumbuhan sebagai fungsi dari konsentrasi hara dalam jaringan tumbuhan (Epstein, 1972).

2.7 DO (*Disolved Oxygen*) Di Dalam *Constructed Wetland*

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.

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).

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.

Oksigen larut dalam air dan tidak bereaksi dengan air secara kimiawi. Pada tekanan tertentu, kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh suhu. Faktor lain yang mempengaruhi kelrutan oksigen olakan air dan luas permukaan air yang terbuka bagi atmosfer (Mahida, 1984).

2.8 Pemanfaatan Tanaman Kangkung Air Dalam Sistem *Constructed Wetland*

Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) merupakan tanaman yang menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun. Kangkung air termasuk dalam famili *Convolvulaceae* dan genus *Ipomoea*. Batang tanaman kangkung air berbentuk bulat panjang, berbuku-buku, banyak mengandung air (*herbaceous*), dan berlubang-lubang. Batang tanaman kangkung air tumbuh merambat atau menjalar dan percabangannya banyak..

Tumbuhan ini dalam taksonomi tumbuhan mempunyai klasifikasi sebagai berikut:

Divisi : *Spermatophyta*.

Sub divisi : *Angiospermae*.

Kelas : *Dicotyledoneae*.

- Famili : *Convolvulaceae*.
Genus : *Ipomoea*.
Spesies : *Ipomoea aquatica Forsk.*

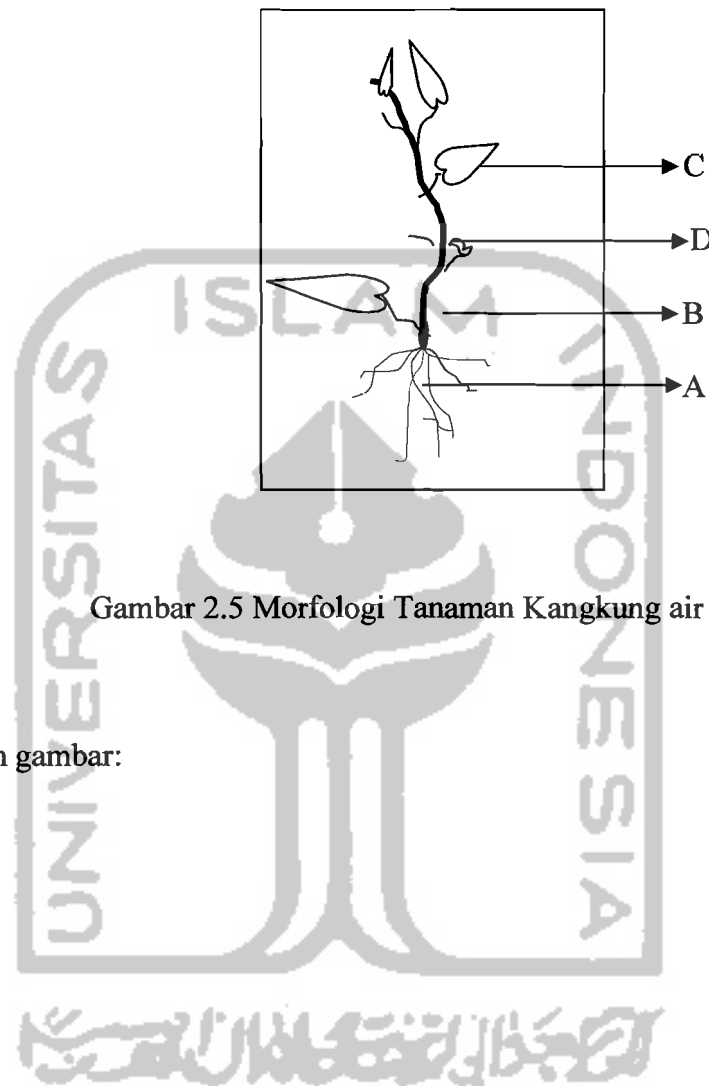
Seperti halnya tumbuhan aquatik lain, kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) mempunyai struktur yang spesifik baik akar, batang, maupun daunnya. Adapun sifat yang cepat berkembang dan bertoleransi terhadap lingkungan, menyebabkan air mulai banyak dimanfaatkan untuk pengendalian pencemaran air pada unit pengolahan limbah.

Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*), bentuk daun panjang dengan ujung agak tumpul, berwarna hijau kelam, bunganya berwarna putih kekuning-kuningan atau kemerah-merahan (Dwijosaputro, 1986).

Pengambilan air dan mineral terutama dilakukan oleh akar muda. Air yang diserap oleh ujung akar dan melalui meristem ujung adalah sangat sedikit. Di daerah yang terdapat rambut-rambut akar berlangsung penyerapan mineral yang paling utama ion-ion secara selektif diangkut dan dihimpun oleh akar, sel-sel ujung akar yang tidak terdiferensiasi dan tidak bervokula, tidak menghimpun ion-ion tersebut masuk dan keluar dari sel-sel secara pasif, sel-sel bervokula dan terdiferensiasi yang besar dalam menimbun mineral.

Daun dan batang yang tenggelam dalam air mempunyai penyebaran kloroplas yang meningkat dengan kutikula yang tereduksi. Absorpsi gas juga dipermudah karena dinding tipis epidermis dan jaringan disebelah dalamnya. Kutikula biasanya tidak ada pada organ yang tenggelam (Fahn, 1991).

Morfologi tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) di sajikan pada gambar 2. Tanaman kangkung air:



Gambar 2.5 Morfologi Tanaman Kangkung air

Keterangan gambar:

A = akar

B = batang

C = daun

D = bunga

Sumber : Dwijosaputro, 1986

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

akan meningkatkan penyerapan unsur hara dari dalam tanah. Unsur esensial adalah unsur yang sangat diperlukan, sehingga ketidakhadiran unsur ini, menyebabkan tanaman tidak melakukan siklus hidup yang lengkap. Penemuan elemen atau unsur yang sangat diperlukan oleh tanaman untuk melakukan fotosintesis. Unsur-unsur kimia di alam umumnya dibagi menjadi dua kelompok, berdasarkan atas jumlah yang dibutuhkan tanaman, yaitu :

1. Unsur Makro

Biasanya dibutuhkan tanaman dalam ukuran yang besar (lebih dari 500 ppm), contoh : nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), belerang (S).

2. Unsur Mikro

Dibutuhkan dalam jumlah yang sangat kecil biasanya kurang dari 50 ppm dalam tanaman, contoh : besi (Fe), boron (Bo), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), molybdenum (Mo), kobalt (Co), khlor (Cl), empat dari unsur mikro sebagai kation dan tiga sebagai anion (Ray, 1979).

Proses penyerapan unsur hara oleh tumbuhan diawali dari hasil penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme akan diserap oleh tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica Forsk*) dalam jumlah besar. Hal ini disebabkan karena ion-ion nitrat, fosfat, sulfat, karbon dan nitrogen termasuk dalam elemen makro, yaitu unsur-unsur hara yang diperlukan dalam jumlah besar (Dwijoseputro, 1986).

Mekanisme penurunan kadar besi (Fe) oleh tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) terjadi karena proses penyerapan air dan unsur hara yang lain oleh akar. Hasil penguraian besi (Fe) yang telah berbentuk ion Fe^{2+} kemudian diserap oleh bulu-bulu akar melalui proses difusi yaitu berdifusi dari daerah yang defisit tekanan difusinya kecil ke daerah yang defisit tekanan difusinya besar. Makin masuk kedalam akar, konsentrasi sel-selnya makin tinggi, hal ini berarti makin masuk kedalam akar, defisit tekanan tekanan difusinya makin besar. Kemudian melalui *xylem* menuju ke daun, didaun Fe^{2+} digunakan oleh tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) untuk pembentukan klorofil dalam proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen melalui batang dan akar.

Oksigen yang dihasilkan digunakan oleh mikroorganisme *rhizofera* untuk kembali mengoksidasi atau menguraikan bahan-bahan organik yang masih tersisa. Demikian seterusnya siklus penguraian dan penyerapan unsur hara berputar atas dasar hubungan simbiosis mutualisme antara mikroorganisme *rhizofera* dengan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*). Melalui siklus simbiosis ini akan terjadi pengurangan kadar bahan-bahan yang berdampak terhadap penurunan bahan pencemar dalam sumber air limbah.

Banyak jenis tanaman, khususnya yang hidup dalam habitat air yang memiliki kelompok mikroba *rhizofera* yang dapat dimanfaatkan untuk mengolah air buangan dan banyak pula jenis *rhizofera* yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penguraian terhadap benda-benda organik atau pun anorganik yang terdapat di dalam air buangan sehingga kehadirannya dapat dimanfaatkan untuk keperluan pengolahan air buangan (Suriawiria, 1986). Sehubungan dengan

kegunaannya sebagai penjernih air limbah, kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) berperan dalam biofiltrasi seperti halnya tanaman eceng gondok, kayu apu, kayambang, mendong dan *azolla pinata*. Pada dasarnya proses biofiltrasi merupakan penyerapan dan akumulasi zat-zat polutan dan zat-zat lain yang terkandung dalam air ke dalam struktur tubuh tumbuhan. Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) mempunyai daya adaptasi cukup luas terhadap kondisi iklim dan tanah di daerah tropis sehingga dapat ditanam (dikembangkan) di berbagai daerah atau wilayah Indonesia. Persyaratan tumbuhnya kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) sebagai berikut :

1. Syarat iklim

Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik didataran rendah sampai dataran tinggi (pegunungan) kurang lebih 2000 m dpl., dan diutamakan lahannya terbuka atau mendapat sinar matahari yang cukup. Di tempat yang terlindungi, tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) akan tumbuh memanjang (tinggi) dan kurus-kurus.

2. Syarat tanah

Persyaratan tanah yang paling ideal untuk tanaman kangkung air sangat tergantung pada jenis atau varietasnya, yakni : kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) membutuhkan tanah yang banyak mengandung air dan lumpur, misalnya di rawa-rawa, persawahan, dan kolam-kolam. Pada tanah yang kurang air

(kekeringan), tanaman kangkung air pertumbuhannya akan kerdil, lambat dan rasanya menjadi liat (kelat).

Adanya faktor lingkungan yang menjadi syarat pertumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) adalah jumlah curah hujan dan temperatur udara. Jumlah curah hujan berkisar antara 500 – 5000 mm/tahun. Sedangkan temperatur udara dipengaruhi oleh ketinggian tempat. Setiap naik 100 meter tinggi tempat, maka temperatur udara turun sekitar 20°C (Dwijosaputro,1986).

Berkenaan dengan penanggulangan pencemaran air akhir-akhir ini banyak dicoba penjernihan air yang tercemar melalui biofiltrasi dengan menggunakan tumbuhan air, antara lain dengan menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*). Tanaman akuatik dapat menyerap mineral terlarut dan memperkaya air dengan oksigen sebagai hasil fotosintesis. Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) dapat digunakan dalam proses biofiltrasi yaitu penyerapan dan akumulasi zat-zat polutan dalam struktur tubuh tanaman

Tanaman kangkung memiliki sistem perakaran tunggang dan cabang-cabang akarnya menyebar kesemua arah, dapat menembus tanah sampai kedalaman 60 – 100 cm, dan melebar secara mendatar pada radius 100 – 150 cm atau lebih, terutama pada jenis kangkung air.

Kangkung air ternyata dapat meningkatkan mutu air yang tercemar oleh air limbah. Tumbuhan tersebut mampu menyerap logam berat (penyebab pencemaran) yang terlarut dalam media tumbuh, sehingga kandungannya menjadi menurun. Kadar logam berat dalam tanaman tersebut meningkat dan dalam media cair menurun (Muers, 1980). Sehingga ion bebas dalam air tersebut akan mampu

mengikat oksigen, yang mengakibatkan oksigen terlarut (DO) dalam media cair meningkat dan meningkat pula mutu air tersebut.

Pemilihan tanaman kangkung air pada *Constructed wetland* ini adalah didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- a. Tanaman kangkung air banyak terdapat di Indonesia yaitu sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari.
- b. Daya tahan hidup tanaman kangkung air cukup lama.
- c. Tidak memerlukan perawatan khusus, sehingga dalam system *Constructed wetland* pemeliharaan sangat mudah.

2.9 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.

2.10 Landasan Teori

Sistem *constructed wetland* dapat dimanfaatkan untuk pengolahan limbah cair, baik itu limbah cair industri maupun limbah cair domestik.

Di dalam *constructed wetland* pengolahan limbah dilakukan dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam area tersebut. Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan dalam sistem ini adalah tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*), dimana tanaman ini dapat meningkatkan mutu air yang tercemar oleh air limbah sehingga dapat menurunkan kadar BOD₅, COD, TSS, Fe, Mg dan DO.

Kangkung air (*Ipomoeae aquatica Forsk*) mempunyai struktur anatomi yang spesifik, baik akar, batang, maupun daunnya, seperti halnya tumbuhan aquatik lainnya. Adanya sifat yang cepat berkembang dan toleransi terhadap lingkungan, menyebabkan kangkung air mulai banyak dimanfaatkan untuk pengendalian pencemaran air pada unit pengolahan limbah.

Kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) merupakan tanaman menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun. Batang tanaman berbentuk bulat panjang, berbuku-buku, banyak mengandung air (*herbaceous*), menjalar dan percabangannya banyak. Kangkung memiliki sistem perakaran tunggang dan cabang-cabang akarnya menyebar kesemua arah, dapat menembus tanah sampai

kedalaman 60 – 100 cm, dan melebar secara mendatar pada radius 100 – 150 cm atau lebih, terutama pada jenis kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*), (Rahmat, 1994).

BOD₅ dapat dihilangkan karena aktivitas mikroorganisme dan tanaman di dalam *constructed wetland*, penurunan COD secara alamiah oleh zat organik dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi sedangkan untuk penurunan TSS dapat diturunkan dengan proses fisik yaitu sedimentasi.

Mekanisme penurunan kadar besi (Fe) oleh tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forsk*) terjadi karena proses penyerapan air dan unsur hara yang lain oleh akar. Hasil penguraian besi (Fe) yang telah berbentuk ion Fe²⁺ kemudian diserap oleh bulu-bulu akar melalui proses difusi yaitu berdifusi dari daerah yang defisit tekanan difusinya kecil ke daerah yang defisit tekanan difusinya besar. Makin masuk kedalam akar, konsentrasi sel-selnya makin tinggi, hal ini berarti makin masuk kedalam akar, defisit tekanan tekanan difusinya makin besar. Kemudian melalui *xylem* menuju ke daun, didaun Fe²⁺ digunakan oleh tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica Forsk*) untuk pembentukan klorofil dalam proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen melalui batang dan akar.

Penurunan parameter-parameter di atas sangat dipengaruhi oleh konsentrasi limbah yang berbeda-beda guna mendapatkan hasil yang optimal juga oleh waktu detensi dimana pada sistem *constructed wetland* ini air limbah mengalir melewati partikel-partikel tanah dengan waktu detensi yang cukup sehingga akan memberikan kesempatan pada partikel-partikel solid untuk

mengendap dan memberikan kesempatan yang lebih lama antara mikroorganisme, oksigen yang akan dikeluarkan tanaman dan air limbah.

2.11 Hipotesa

1. Sistem *constructed wetland* dengan menggunakan tanaman kangkung air untuk pengolahan limbah cair dapat menurunkan kadar BOD₅, COD, TSS, Fe, Mg dan DO.
2. Perbedaan konsentrasi limbah berpengaruh terhadap efisiensi penurunan optimal kadar BOD₅, COD, TSS, Fe, Mg dan DO.

2.12 Analisa Data

Data yang didapatkan dari hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian untuk mencari hubungan antara parameter yang diukur dengan konsentrasi volume limbah digunakan analisa statistik berikut:

1. Efisiensi penurunan oleh tanaman kangkung air terhadap limbah cair dihitung berdasarkan kadar limbah awal (S_0) sebelum masuk ke *wetland* dan kadar limbah akhir (S_1) setelah melalui *Constructed wetland*.

Perhitungan:

$$\% \text{ Efisiensi} = \frac{S_0 - S_1}{S_0} * 100\% \quad \dots\dots\dots \text{(II -1)}$$

dimana:

S_0 = kadar limbah sebelum perlakuan

S_1 = kadar limbah sesudah perlakuan

2.13 Gambaran Umum Perusahaan

2.13.1 Sejarah Singkat Perusahaan

PT. Margorejo awalnya bernama PT. Loji Rejo yang bergerak di bidang usaha pengalengan kopi dan biskuit, serta merintis usaha *cornet beef*. Pada tahun 1956 PT. Loji Rejo dibeli oleh PT. Mantrust di Jakarta, kemudian pada tahun 1960 PT. Loji Rejo diubah namanya menjadi PT. Margorejo dengan bidang usaha biskuit dan *cornet beef*.

PT. Margorejo didirikan tanggal 15 Juli 1960 yang merupakan anak perusahaan dari PT. Mantrust yang berdiri tahun 1954. maksud dan tujuan pendirian perusahaan tersebut untuk memperluas dan memperkuat usaha PT. Mantrust Group.

Pada tahun 1972 produksi *cornet beef* pernah dihentikan karena harga daging melonjak, tetapi pada tahun 1978 *corned beef* di produksi kembali oleh PT. Bali raya Dempasar Bali yang merupakan Group PT. Mantrust lainnya. Untuk kelanjutan kegiatan produksi, maka pada tahun 1973 PT. Margorejo memproduksi udang brine dan sarden/mackerel dalam saos tomat. Produksi ini berlangsung sampai tahun 1979, karena kesulitan bahan baku. Oleh karena itu PT. Margorejo mengalihkan usahanya memproduksi makanan Indonesia dalam kaleng seperti : sambal goreng ati, daging rendang, opor ayam dan lain-lain. Produksi pengalengan makanan tersebut, setiap harinya mencapai 5.000 – 6.000 kaleng. Selain memproduksi makanan Indonesia, PT. Margorejo juga memproduksi minuman dalam kaleng seperti : papin juice, sour shop juice, guava juice, manggo juice dan baby corn.

Pada tahun 1985 PT. Margorejo mengalihkan usahanya kebidang pengalengan jamur merang. PT. Margorejo mampu mengolah jamur merang sebanyak 50.000 kg setiap harinya untuk dikalengkan.

2.13.2 Lokasi Perusahaan

Lokasi PT. Margorejo do Yogyakarta terletak di jalan Magelang No. 21 Jetis Yogyakarta.

2.13.3 Struktur Organisasi

PT. Margorejo merupakan salah satu anak perusahaan PT. Mantrust yang berpusat di Jakarta, tetapi kegiatan sehari-hari diberi hak otonom di bawah pengawasan langsung PT. Mantrust Jakarta. Sistem organisasi pada PT. Margorejo adalah sistem lini, sehingga tugas, wewenang, tanggung jawab berlangsung secara vertikal dalam satu jalur.

Pimpinan tertinggi adalah pimpinan perusahaan (direktur) yang membawahi dua orang manager. Masing-masing manager dibantu oleh beberapa kepala bagian yang membawahi beberapa supervisor.

2.13.4 Produksi

2.13.4.1 Bahan Baku dan Bahan Pembantu

PT. Margorejo dalam melaksanakan proses produksi menggunakan :

- a. Bahan Baku
 - Jamur Merang

- Kaleng
- Doos
- Plastik Salted
- Container Plastik
- Peti Salted

b. Bahan Pembantu

- Air
- Kaporit
- Asam Sitrat
- Garam Halus dan Kasar
- Tepol
- Hol
- Solar

2.13.4.2 Proses Produksi

PT. Margorejo merupakan perusahaan yang mengolah jamur merang segar (fresh) menjadi jamur kalengan. Adapun pelaksanaan proses produksi pengalengan jamur adalah sebagai berikut :

1. Persiapan bahan baku

Pada tahap ini jamur yang diterima dari hasil penanaman langsung ditimbang untuk mengetahui berat bahan baku yang masuk dan bahan baku yang akan diolah serta penyusutan bahan selama proses. Setelah itu jamur dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang melekat

pada jamur. Air pencuci yang digunakan mengandung klorin dengan kadar 15 – 25 ppm.

2. *Trimming*

Proses ini berupa penghilangan bagian-bagian yang tidak diperlukan sekaligus untuk memisahkan jamur berdasarkan bentuk dan ukurannya. Proses tersebut dilakukan secara manual dengan menggunakan pisau.

3. *Blanching*

Yaitu proses merendam jamur dalam air panas pada suhu 98°- 100°C selama 8 menit. Maksud dari proses tersebut adalah untuk :

- a. Memperkecil jumlah mikroorganisme pada bahan baku.
- b. Menonaktifkan enzim yang terdapat pada jaringan tanaman jamur.
- c. Menghilangkan bau mentah dan rasa yang tidak diinginkan.
- d. Mengeluarkan gas yang terdapat pada jamur.
- e. Mencegah kerusakan mekanis pada waktu grading.
- f. Mengurangi penggelembungan kaleng yang disebabkan penyerapan air selama proses.

4. Pendinginan

Proses selanjutnya setelah jamur di *blanching* langsung didinginkan dengan air yang disemprotkan, serta direndam pada air yang ditambahkan asam sitrat dengan konsentrasi 0,2 – 0,5 ppm pada alat shaker pertama,

kemudian direndam pada shaker kedua yang mengandung larutan khlor dengan konsentrasi 0,6 – 0,8 ppm. Maksud penambahan asam sitrat pada pencucian ini adalah untuk mempertahankan warna dari jamur, sedangkan proses pendinginan untuk mencegah terjadinya *over cooking*, dan mencegah pertumbuhan mikroorganisme termodurik.

5. *Grading*

Setelah jamur didinginkan dalam *cooling shaker* kemudian dibawa oleh *belt conveyer* untuk masuk ke dalam mesin grading. Tujuan dari proses tersebut untuk memisahkan jamur menjadi beberapa macam berdasarkan ukuran masing-masing jamur

6. *Soaking*

Setelah jamur dipisahkan berdasarkan ukurannya, kemudian direndam dalam tangki perendaman. Air yang dipakai untuk perendaman ini mengandung khlor dengan kadar 0,2 – 0,5 ppm dengan penambahan asam sitrat sampai pH 4,6. perendaman ini untuk menjaga kesegaran jamur, mencegah pertumbuhan mikroorganisme, dan kerusakan jamur.

7. *Inpection dan Sortasi*

Jamur yang telah direndam pada tangki perendaman selanjutnya dilakukan sortasi secara manual di atas *belt conveyer*. Tahap ini bertujuan untuk memeriksa serta mensortasi secara sempurna, jika pada proses trimming

belum memenuhi target. Selain itu juga untuk memisahkan jamur yang rusak, tetapi masih layak untuk diproses.

8. Pencucian dan Penirisan

Tahap pencucian ini dilakukan untuk menghilangkan kotoran yang mungkin masih terdapat pada jamur merang serta benda-benda asing yang mungkin mengkontaminasi jamur. Setelah tahap pencucian selesai kemudian jamur langsung ditiriskan menggunakan alat *vibrator dewatering*. Proses penirisan bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam jamur.

9. *Filling* dan *weighting*

Tahap tersebut merupakan tahap pengisian jamur dalam kaleng secara manual. Jika pengisian jamur ke dalam kaleng menggunakan mesin, kemungkinan rusaknya jamur merang selama pengisian akan semakin besar. Setelah proses *filling* selesai, kemudian ditimbang supaya berat produk sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan.

10. Pemberian Larutan Garam

Setelah jamur dimasukkan ke dalam kaleng, sesaat sebelum proses *exhausting* ditambahkan larutan garam yang terdiri atas garam dapur dan asam sitrat.

Tujuan dari proses tersebut adalah untuk pengawet, mempertajam *flavour* asli jamur, mempercepat penetrasi panas, dan mengurangi terjadinya korosi kaleng dengan berkurangnya akumulasi udara.

11. *Exhausting*

Merupakan upaya untuk mendapatkan keadaan vakum dalam kaleng. Jika dalam kaleng terdapat oksigen, maka akan bereaksi dengan bahan makanan dan bagian dalam diri kaleng yang akan mempengaruhi kualitas, nilai gizi, dan masa simpan. Selain itu juga untuk mencegah kebocoran pada kaleng saat sterilisasi. *Exhausting* dilakukan pada suhu 80 °C selama 10 – 12 menit.

12. Penutupan

Setelah jamur di *exhausting*, kemudian kaleng ditutup dengan mesin penutup.

13. Sterilisasi

Setelah proses penutupan selesai kemudian kaleng-kaleng dimasukkan dalam keranjang untuk disterilisasi dengan *retort*. Adapun tujuan sterilisasi adalah untuk membunuh mikroorganisme *pathogen*, serta meningkatkan tekstur dan aroma dari produk. Proses sterilisasi dilakukan pada suhu 128,5 °C dengan waktu disesuaikan ukuran kaleng.

14. Observasi

Proses tersebut dilakukan untuk pemeriksaan sebuah produk setelah dilakukan pendinginan. Selanjutnya dilakukan penyimpanan selama 6 hari untuk melihat perkembangan produk dalam inkubator pada suhu 37 °C dan suhu 51 °C.

15. Labelling dan Pengepakan

Proses tersebut dilakukan jika dalam masa penyimpanan tidak mengalami perubahan pada kaleng. Sebelum kaleng diberi label terlebih dahulu diperiksa menggunakan cap test. Setelah pemberian label selesai, kemudian dilanjutkan dengan pengepakan kaleng dengan karton/dus, dan siap untuk dipasarkan.

16. Pengemasan

Tujuan bahan makanan dikemas adalah untuk menjaga mutu produk, melindungi produk terhadap kontaminasi, menjaga kekurangan/penambahan kadar air, melindungi produk dari oksidasi dan sinar matahari, serta untuk memudahkan penanganan.

2.13.5 Pemasaran Produksi

Hasil produksi PT. Margorejo 97 % diekspor ke luar negeri, dan 3 % dijual di dalam negeri. Pemasaran hasil produksi di dalam negeri dilakukan oleh distribusi tunggal yaitu PT. Borsumij Wehry Indonesia (BWI), yang mana PT. BWI tersebut

merupakan anak perusahaan dari PT. Mantrust. Daerah pemasaran dalam negeri meliputi : Yogyakarta, Jakarta, Surabaya, Semarang, dan kota-kota lainnya. Pemasaran luar negeri ditangani sendiri oleh bagian ekspedisi PT. Margorejo untuk diekspor ke beberapa negara seperti : Amerika, Australia, Hongkong, London, taiwan, Jerman, dan Jepang.

