

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem *Reuse*

Semua limbah hasil aktivitas akan kembali ke alam dan akan memberikan beban kepada lingkungan jika tidak ditangani dengan baik. Sesuai dengan Undang-undang No. 23 Tahun 1997 pasal 3 dalam pelaksanaan pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan, pengendalian limbah secara baik sangat diperlukan agar tidak menyebabkan pencemaran lingkungan disekitarnya. Untuk mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan perlu dilakukan pengolahan limbah secara intensif.

Penggunaan limbah untuk ekologi sanitasi berdasarkan pada tiga prinsip, (Mayung, 2004) yaitu :

1. Mencoba mencegah pencemaran yang dilakukan oleh manusia itu sendiri.
2. Sanitasi *urine* dan tinja.
3. Menggunakan produk-produk yang aman untuk tujuan hasil dari *Agricultural*.

Pendekatan ini berupa siklus sistem tertutup yang teratur. Sistem ini memanfaatkan sisa kotoran manusia sebagai sumber daya. Urine dan tinja disimpan lalu diproses ditempatnya. Manfaat dari ekologi sanitasi adalah untuk menahan dan membersihkan kotoran manusia sebelum dipergunakan kembali.

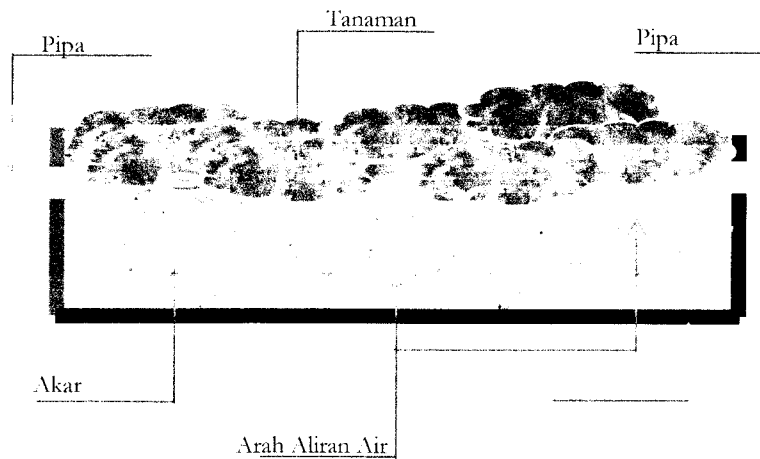
Ekologi sanitasi menggantikan alam dengan cara mengembalikan nutrisi tanaman yang terkandung dalam *urine* dan kotoran manusia kembali ke tanah. Jadi *urine* dan kotoran manusia dimanfaatkan untuk memperbaiki dan meningkatkan kesuburan dan struktur tanah serta kandungan nutrisinya. (Mayung, 2004)

Salah satu cara untuk menanggulangi limbah cair domestik adalah dengan sistem *Aquatic plant treatment*. Konsep *Aquatic plant treatment* ini merupakan pengembangan dari sistem yang sudah dikenal lebih dulu yaitu sistem *Soil Vegetation Biosystem (for Wastewater Recycling)*.

Ada empat kelebihan *Aquatic Plant Treatment* untuk pertumbuhan tanaman yaitu:

1. Pengenalan fungsi alami dari *aquatic plant system* dan *wetland* sebagai penyerap nutrisi untuk tanaman.
2. Munculnya aplikasi estetika, sehingga tanaman air dapat dimanfaatkan menjadi tanaman hias.
3. Sistem pengolahannya mudah dan murah.
4. Tidak memerlukan perawatan khusus dalam prosesnya.

Penggunaan kembali *effluent septic tank* pada tanaman air merupakan komponen terpenting dari *Aquatic plant treatment* dan memberikan dukungan berupa transformasi nutrisi melalui proses fisik, kimia dan mikrobial. Tanaman mengurangi kecepatan aliran, meningkatkan waktu detensi. Mulai dari tanaman jenis *duckweed* sampai tanaman berbulu (*reeds, cattail*) dan alang-alang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman pada *Aquatic plant treatment*. Fungsi tanaman air pada *aquatic plant treatment* :



Gambar 2.1 Aquatic Plant Treatment

2.2 Sistem Aquatic Plant Treatment

Sistem ini telah banyak digunakan diberbagai negara untuk meningkatkan kualitas air buangan, salah satu negara yang telah meneliti *Aquatic Plant Treatment* adalah Amerika dengan menggunakan tanaman bakung (*Elchhomia Crasslpes*). Alasan penggunaan tanaman bakung (*Elchhomia Crasslpes*) karena mempunyai sistem akar yang banyak dan tingkat pertumbuhan tinggi.

Tabel 2.1 Penelitian Aquatic Plant System yang telah dilakukan

Project	Flow (m ³ /d)	Plant type	BOD ₅ mg/ L		SS mg/ L		Percent Reduction		Hydraulic Surface Loading rate m ³ / ha-d
			influent	effluent	influent	effluent	BOD5	SS	
Orlando, FL	30.280	Water Hyacinth	4.9	3.1	3.8	3	37	21	2.525
San Diego, CA	378	Water Hyacinth	160	15	120	20	91	83	590
NSTL, MS	8	Duckweed & Penny-wart	35	5.3	47.7	11.5	85	76	504
Austin, TX	1.700	Water Hyacinth	42	12	40	9	73	78	140
N.Biloxi, MS (Cedar Lake)	49	Duckweed	30	15	155	12	50	92	700
Disney World, FL	30	Water Hyacinth	200	26	50	14	87	72	300

Sumber : Penelitian di Cincinnati, (1988)

2.3. Parameter yang terdapat di *Aquatic Plant Treatment*

2.3.1 Chemical Oxygen Demand (COD)

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 diukur dengan menggunakan senyawa oksidator kuat dalam kondisi asam (Metcalf and Eddy, 1991). Nilai COD juga merupakan suatu bilangan yang dapat mengatakan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida dalam air buangan perantara oksidasi kuat dalam suasana asam (Benfield dan Randall, 1980).

Pengukuran nilai COD sangat diperlukah untuk mengukur bahan organik pada air buangan industri dan domestik yang mengandung senyawa/unsur yang beracun bagi mikroorganisme (Metcalf dan Eddy, 1991).

Besar kecilnya COD akan mempengaruhi jumlah pencemar oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan kurangnya jumlah oksigen terlarut dalam air.

2.3.2 Padatan Tersuspensi (TSS)

Padatan tersuspensi yang terdapat dalam air limbah dapat dihilangkan dan diproduksi secara alami dalam *aquatic plant treatment*. Proses fisik yang berperan untuk *removal* padatan tersuspensi adalah proses flokulasi, sedimentasi dan intersepsi. Padatan tersuspensi di dalam *aquatic plant treatment* dapat bertambah yang disebabkan oleh sejumlah faktor seperti : pertumbuhan dari bakteri dan alga,

sisa-sisa tanaan dan invertebrata serta aktivitas vertebrata. Sisa-sisa tanaman meliputi : biji, serbuk, daun dan batang yang mati dan jatuh ke dalam *aquatic plant treatment*. Padatan tersuspensi di dalam *aquatic plant treatment* terjadi apabila ada kematian dari invertebrata, batang tanaman yang jatuh, produksi dari plankton dan mikroba di dalam kolom air, alga atau yang menempel pada permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang terpresipitasi seperti besi sulfide (USEPA, 1999).

Tanaman dalam *aquatic plant treatment* dapat meningkatkan proses sedimentasi dengan mengurangi *mixing* pada kolom air dan resuspensi dari partikel pada permukaan sedimen. Selain proses sedimentasi proses agregasi juga terdapat di dalam *aquatic plant treatment* yaitu proses bersatunya partikel secara alami membentuk jonjot atau *flok-flok* (Merz, 2000). Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air dan melewati vegetasi yang terdapat di dalam *aquatic plant treatment* (Merz, 2000).

Proses intersepsi dan filtrasi padatan terjadi pada padatan yang terjebak dalam lapisan *litter* yang dibentuk oleh tanaman *aquatic*. Distribusi dari *inflow*, aliran yang seragam, keseragaman tanaman, angin yang bertiup ke daratan menuju *aquatic plant treatment* secara umum mempengaruhi aliran *turbulen* kolom air dan terjadi *mixing* serta berpengaruh terhadap proses agregasi, sedimentasi, resuspensi dan proses adhesi dari partikel yang halus dan kecil. Konsentrasi padatan tersuspensi cenderung meningkat selama musim panas dan menurun pada musim hujan (Kadlec and Knight, 1996).

Hubungan yang terjadi di lapangan dibuatkan grafik untuk menunjukkan kecocokan antara data terukur dengan level prediksi dengan menggunakan pendekatan-pendekatan. Untuk *removal suspended solid* pada *aquatic plant treatment* secara umum dapat menggunakan persamaan (Reed, 1995).

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

- Dimana : A = 0.1139
 B = 0.00213
 SS = padatan tersuspensi (mg/l)
 HLR = hydraulic loading rate (cm/hari)

2.3.3 Siklus Nitrogen

Proses transformasi dan interaksi dan nitrogen dalam tanah, sedimen, permukaan air dan substrat yang berada di dalam *aquatic plant treatment* sangat kompleks. Formasi dari nitrogen dalam tanah dan sedimen adalah tanaman dan sisa tanaman serta protein bakteri yang hidup dan mati (Novotny dan Ote, 1994). Beberapa penelitian berhubungan dengan kandungan dari nitrogen pada suatu kawasan dinyatakan sebagai *Total Kjeldhal N* (TKN) atau sebagai Total N. Total Kjeldal N adalah jumlah untuk reduksi nitrogen sama dengan jumlah organik dan anorganik dan pada dasarnya merupakan penjumlahan dari TKN, NO₃, dan NO₂-N (Kadlec and Knight, 1996). Sumber N dalam *aquatic plant treatment* berasal dari :

- a. Proses presipitasi pada permukaan lumpur dan lapisan sedimentasi,

- b. Fiksasi N dalam air dan lapisan sedimen,
 - c. Input dari permukaan dan air tanah melalui infiltrasi dan perkolasi,
 - d. Penggunaan pupuk,
 - e. Pelepasan N selama proses dekomposisi tumbuhan dan hewan yang mati,
 - f. Air limbah yang dialirkan ke dalam system pengolahan Aquatic
- (Reddy and Patrick, 1984).

Beberapa proses dapat *en-transport* dan mentranslokasi kandungan N dari satu sifat kesifat lain dalam *aquatic plant treatment* tanpa adanya proses transformasi molukel, proses tersebut diantaranya adalah (Kadlec and Knight, 1996) :

- a. Proses pengendapan partikel dan resuspensi,
- b. Proses difusi dari bentuk terlarut,
- c. Proses pembusukan,
- d. Proses penyerapan oleh tanaman dan tranlokasi,
- e. Proses penguapan dari NH_3 ,
- f. Penyerapan N terlarut dala substrat,
- g. Pelepasan benih, dan
- h. Migrasi dari organisme

Proses transformasi nitrogen terdiri dari mineralisasi (*aminonification*), nitrifikasi, fiksasi nitrogen, asimilasi (penyerapan oleh tanaman dan bakteri), serta proses lain yang mendukungnya (Lee,1999). Proses mineralisasi, penyerapan oleh tanaman, nitrifikasi dan *dissimilatory nitrate reduction to ammonium* (DNRA)

merupakan proses perubahan dari satu bentuk ke bentuk lain dari nitrogen. Proses denitrifikasi dan ammonia *volatilisation* merupakan proses *export* dan menghasilkan jumlah kehilangan nitrogen dari sistem. Fiksasi nitrogen merupakan proses yang penting yaitu proses penangkapan nitrogen dari atmosfer menuju daratan dan ekosistem air (Merz, 2000).

2.3.3.1 Mineralisasi (Ammonifikasi)

Mineralisasi merupakan proses transformasi bahan organik menjadi bahan an-organiknya (Merz, 2000). Mineralisasi merupakan proses transformasi dan N organik secara biologis menjadi NH_4^+ yang terjadi selama proses degradasi bahan organik berlangsung (Gambrell and Patrick, 1978). Mineralisasi terjadi melalui penguraian jaringan organik oleh mikroba yang mengandung asam amino, hidrolisis dari urea dan asam *uric* dan melalui ekskresi yang dikeluarkan secara langsung oleh tanaman dan hewan (Kadlec and Knight, 1996).

Mineralisasi dapat terjadi pada kondisi aerobik maupun an-aerobik, tetapi pada proses an-aerobik terjadi sangat lambat dikarenakan berkurangnya bakteri heterotropik pada lingkungan tersebut. Proses mineralisasi dipengaruhi oleh temperatur (optimum pada 40-60° C), pH (optial pada pH 6.5 dan 8.5), perbandingan karbon dan nitrogen (C/N ratio) dari *substrate*, tersedianya *nutrient* di dalam tanah dan sifat dari tanah seperti struktur dan tekstur tanah (Reedy and Patrick, 1988). Proses mineralisasi bahan organik melepaskan ion ammonium. Ammonium berada dalam kesetimbangan dengan bebas dari ammonia dan dikontrol oleh pH. Ammonia mudah menguap pada pH tinggi, sehingga kehilangan gas

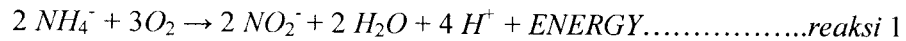
ammonia dapat melalui penguapan, tetapi dalam kondisi alamiah kehilangan nitrogen proses tersebut biasanya minimal.

Pada sistem *aquatic* untuk air buangan proses fotosintesis dan alga biofilm dapat menghasilkan perubahan pH yang tinggi dengan nilai pH secara tetap bisa diatas 9 dan proses penguapan nitrogen bisa terjadi dengan signifikan (Merz, 2000).

2.3.3.2 Nitrifikasi

Setelah ion NH_4^+ terbentuk melalui proses mineralisasi masih ada beberapa perjalanan dari nitrogen yang akan terjadi, diantaranya di serap oleh akar tanaman atau digunakan oleh mikroorganisme an-aerobik dan diubah menjadi bahan organik, terjadi proses *ion exchange* oleh partikel tanah, atau akan mengalami proses nitrifikasi (Mitsch and Gosselink, 1993). Nitrifikasi merupakan proses oksidasi secara biologi dari ammonium-N menjadi nitrat-N (NO_2^-) sebagai produk *intermediate* (Lee, 1999).

Sebagian besar mikroorganisme yang menggunakan karbon organik sebagai energi (*heterotroph*) dapat melakukan oksidasi kandungan nitrogen. Tetapi nitrifikasi secara *autotroph* umumnya secara dominan yang melakukan proses ammonium menjadi nitrat (Merz, 2000). Proses nitrifikasi dilakukan dengan bantuan dua group bakteri kemoautotrophik yang dapat melakukan proses oksidasi. Langkah pertama (Mitsch and Gosselink, 1993). Yaitu oksidasi ammonium menjadi nitrit :



Dilakukan dengan bantuan bakteri *Nitrosomonas* sp, walaupun beberapa spesies melakukan transformasi. Langkah kedua yaitu oksidasi nitrite menjadi nitrate :



Dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter* sp.

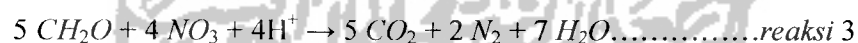
Bakteri nitrifikasi memerlukan karbondioksida sebagai sumber karbon dan akan berhenti berkembang serta melakukan proses nitrifikasi apabila persediaan karbondioksida terbatas (Merz, 2000). Pertumbuhan bakteri nitrifikasi relatif sangat lambat dibandingkan dengan bakteri heterotrophik, oleh karena itu diperlukan area permukaan yang luas untuk perkembangan biofilm yang merupakan cara untuk mengoptimalkan proses yang berpotensi untuk nitrifikasi.

Tanaman air *Macrophyte Emergent* merupakan elemen paling penting di dalam *wetlands* yang dapat meningkatkan area permukaan untuk perkembangan biofilm dalam kolom air. Proses nitrifikasi dikontrol oleh beberapa faktor, diantaranya : suplai dari ammonium, suplai dari oksigen, suplai dari karbondioksida, kepadatan populasi dan bakteri nitrifikasi, temperatur, pH dan alkalinitas (Merz, 2000). Dalam *wetlands* proses nitrifikasi dapat terjadi apabila 1) Kolom air berada di atas tanah basah (Reedy and Patrick, 1984), 2) Ketebalan lapisan untuk oksidasi pada permukaan tanah dalam *wetlands*, 3) Adanya oksidasi pada lapisan rhizosfer tanaman (Mitsch and Gosselink, 1993). Proses nitrifikasi

dapat terus berlangsung keadaan tingkat DO berada sekitar 0.3 mg/L (Reedy and Patrick, 1984).

2.3.3.3 Denitrifikasi

NO_3^- lebih aktif bergerak dibandingkan NH_4^+ didalam larutan. Jika NO_3^- mengalami asimilasi oleh tanaman, mikroba atau mengalir menuju air tanah dengan pergerakan yang cepat, tetapi NO_3^- mengalami proses denitrifikasi (Lee, 1999). Denitrifikasi adalah proses reduksi dari NO_3^- secara biologi menjadi bentuk gas seperti molekul N_2 , NO , NO_2 , dan N_2O (Novotny and Olem, 1994). Proses dissimilatori denitrifikasi terjadi selama proses respirasi dari bakteri heterotroph (Merz, 2000). Pada kondisi an-aerobik (bebas oksigen) serta adanya substrat organik (karbon), organisme denitrifikasi seperti *bacillus*, *micrococcus*, *alcaligenes*, dan *spirillum* dapat menggunakan nitrat sebagai elektron akseptor selama proses respirasi. Organisme ini mengoksidasi bahan karbohidrat dengan dikonversi oleh NO_3^- menjadi karbondioksida (CO_2), air (H_2O), dan N dalam bentuk gas dan bahan oksida gas lainnya yang dapat dihasilkan dalam proses denitrifikasi (Reedy and Patrick, 1984) :



Beberapa hal yang dapat mempengaruhi kecepatan denitrifikasi meliputi ada dan tidak adanya oksigen, siap sedianya bahan karbon, temperatur, kelembaban tanah, pH, keberadaan dan mikroba denitrifikasi, tekstur tanah, dan adanya genangan air (Reedy and Patrick, 1984).

2.3.3.4 Fiksasi Nitrogen

Fiksasi nitrogen merupakan proses yang sangat penting baik secara khusus maupun umum. Proses utamanya adalah untuk menjaga keseimbangan kehilangan N pada saat denitrifikasi. Fiksasi nitrogen adalah proses di mana gas N_2 di atmosfer didifusikan ke dalam larutan dan di reduksi lagi menjadi bahan N organik oleh bakteri *autotroph* dan *heterotroph*, alga biru-hijau, dan tanaman tinggi lainnya (Kadlec and Patrick, 1996). Fiksasi nitrogen dapat dihambat dengan keberadaan konsentrasi N yang tinggi, umumnya proses fiksasi nitrogen tidak terjadi pada ekosistem yang kaya akan nitrogen. Energi yang dibutuhkan untuk melakukan proses fiksasi nitrogen sangat tinggi dan biasanya dihasilkan oleh beberapa aktivitas fotosintesis.

2.3.3.5 Asimilasi (Penyerapan oleh Tanaman dan Bakteri)

Proses asimilasi nitrogen merupakan jenis proses biologis yang mengubah bentuk N an-organik menjadi susunan organik yang digunakan untuk pembentukan dinding sel dan jaringannya (Kadlec and Knight, 1996). Tidak seperti tanaman darat, tanaman air dapat menggunakan ammonium sebagai sumber nitrogen dan penyerapan secara biologis dapat menghilangkan konsentrasi secara signifikan. Tanaman juga mengambil nitrogen dalam bentuk nitrat.

Mikroorganisme mengasimilasi *nutrient* untuk pertumbuhan, seperti ammonium dapat bergabung membentuk asam amino oleh bakteri *autotroph* dan *heterotroph* (Kadlec and Knight, 1996). Asam amino ditransformasi ke dalam protein, purin dan pirimidin dan digunakan sebagai sumber energi.

Untuk memperkirakan hubungan antara N_{total} Effluent dan Influent digunakan persamaan Reed, 1995 :

$$N_{total} \text{ effluent} = A \times B \times \ln(\text{HLR}) - C \dots \dots \text{eq. 2.6}$$

Dimana $A = 0.193$, $B = 1.55$ dan $C = 1.75$

N_{total} dalam mg/L

HLR dalam cm/hari

Tabel 2.2 Proses Transformasi Nitrogen

Proses	Substrat	Produk
Mineralisasi (1)	Bahan Organik	Ammonium
Biological Uptake (2)	Amonium, Nitrat	Organik Nitrogen
Nitrifikasi (3)	Ammonium	Nitrat
Dentrifikasi (4)	Nitrat	Gas Nitrogen
DNRA (5)	Nitrat	Ammonium
Volatilisasi (5)	Ammonium + pH tinggi	Gas Ammonium
Nitrogen fiksasi (6)	Ammonium + pH tinggi	Organik Nitrogen

Sumber : Ready and Patrick , 1984⁽¹⁾, Tijeje 1988⁽²⁾, Rysgaard et al. 1993⁽³⁾, Kaldec and Knight 1996⁽⁴⁾, IWA Spesialisasi Group 2000⁽⁵⁾, in Merz 2000⁽⁶⁾

2.3.3.6 Bakteri

Sebagian besar proses transformasi yang terjadi di dalam wetland berhubungan dengan proses metabolisme dari mikrobiologi dan secara langsung berhubungan dengan pertumbuhan mikrobiologi (Tanji, 1983). Nitrogen dan karbon merupakan sumber energi bagi mikroba, dimana karbon digunakan untuk membentuk biomassa dari mikroba dengan rumus $C_5H_7O_2N$ (Parnas, 1975).

Secara umum perlakuan di dalam wetland dilakukan oleh mikroorganisme *autotroph* dan *heterotroph*, partikulat dan bahan organik terlarut yang labil digunakan sebagai sumber karbon dan elektron donor bagi bakteri *heterotroph* (Gidley, 1995).

Pertumbuhan mikrobiologi ditentukan oleh keberadaan elektron donor dan akseptor, jumlah C dan N, serta kondisi lingkungan (temperatur, pH, ruang yang cukup dan sebagainya) (Grads and Lim, 1980 ; Reedy and Patrick, 1983). Kondisi optimal dari pertumbuhan bakteri umumnya berada pada pH antara 6-9, dengan temperatur antara 15 °C-40 °C (Fyock, 1977 ; Reedy and Patrick, 1983).

2.3.3.7 Vegetasi di Dalam *Aquatic Plant Treatment*

Fungsi dari tanaman di dalam *aquatic plant treatment* secara umum adalah tumbuh dan mati, pertumbuhan tanaman menghasilkan masa secara vegetatif yang dapat menghambat aliran dan menghasilkan tempat untuk menempelnya dan berkembangnya mikrobiologi, kematian tanaman membentuk *litter* (bangkai tanaman) serta melepasnya karbon organik sebagai bahan bakar metabolisme mikroba (USDA-NRCS, 2000). Keuntungan yang paling besar dengan adanya tanaman dalam *treatment* ini adalah tanaman dapat mentransfer oksigen sampai ke lapisan akar (*root zone*). Karena sistem perakaran menembus lapisan substrat sehingga transport oksigen dapat terjadi lebih dalam jika dibandingkan dengan masuknya oksigen dengan difusi secara alami (Merz, 2000).

2.3.4 Siklus Fosfat

Senyawa fosfat adalah suatu komponen yang sangat penting dan sering dipermasalahkan keberadaannya di dalam air. Unsur ini adalah salah satu dari beberapa unsur pencemar yang esensial untuk pertumbuhan ganggang, karena dengan adanya pertumbuhan ganggang yang berlebihan dalam suatu perairan akan menyebabkan penurunan kualitas air tersebut (Saeni, 1989).

Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa orthofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Orthofosfat adalah senyawa monomer seperti $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$, HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} , sedangkan polifosfat (yang biasa disebut fosfat) merupakan senyawa polimer seperti $(\text{PO}_3)_6^{3-}$ (heksa metafosfat), $\text{P}_3\text{O}_{10}^{3-}$ (tripolifosfat) dan $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ (pirofosfat). Fosfat organik adalah P yang terikat dengan senyawa-senyawa organik sehingga tidak berada dalam larutan secara lepas (Anonim, 1994).

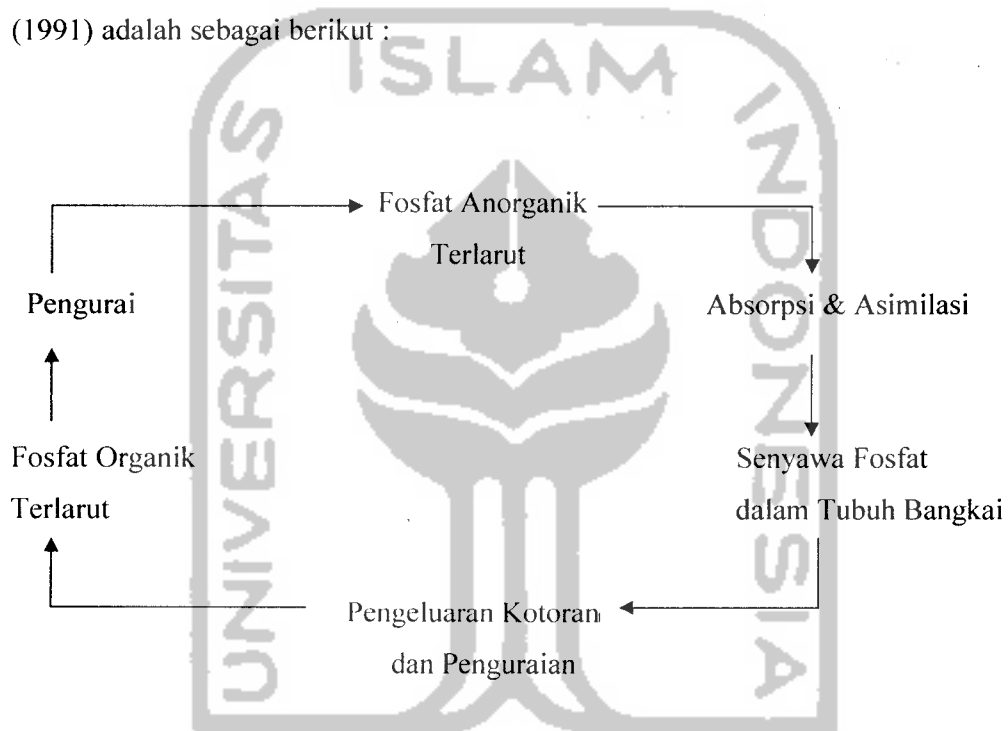
Berdasarkan ikatan kimia senyawa fosfat dibedakan sebagai yang disebut diatas yaitu, orthofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Sedangkan klasifikasi penting lainnya berdasarkan kepada sifat fisiknya yaitu fosfat terlarut, fosfat tersuspensi (tidak terlarut) dan fosfat total (fosfat terlarut dan tersuspensi).

Dalam air limbah, senyawa fosfat berasal dari limbah penduduk, industri dan pertanian. Pada daerah pertanian orthofosfat berasal dari bahan pupuk yang masuk ke dalam sungai melalui drainase dan aliran hujan. Polifosfat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan bahan detergen yang mengandung fosfat organik yang terdapat dalam air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan. Fosfat organik dapat pula terjadi dari

orthofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena bakteri maupun tanaman menyerap bagi pertumbuhannya.

Umumnya tumbuhan menyerap P dalam bentuk PO_4^{3-} , HPO_4^- , H_2PO_4^- . pH tanah mengendalikan perimbangan jumlah kedua bentuk ini. H_2PO_4^- tersedia pada pH di bawah 7 dan HPO_4^- di atas pH (Salisbury and Ross, 1995).

Daur fosfat yang terjadi di dalam kehidupan menurut Tresna Sastrawijaya (1991) adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Daur Fosfat

Di dalam perairan alami, kandungan fosfat hanya sedikit sekali. Apabila kadar fosfat lebih dari 1 mg/l dapat menyebabkan *eutrofikasi* pada suatu perairan (Mason, 1981).

Proses *eutrofikasi* menyebabkan perairan mempunyai konsentrasi hara yang tinggi dan kandungan oksigen terlarut rendah. Pada kondisi ini hanya jenis-

jenis hewan dan tumbuhan tertentu yang dapat berkembang. Akibat dari bertambahnya kandungan nitrat dan fosfat dalam air, alga akan mendominasi perairan (Christina dan Swarso, 1997). Dengan tertutupnya suatu perairan oleh tumbuhan air, maka transmisi sinar matahari terhalangi akibatnya oksigen terlarut akan menurun sehingga mematikan ikan dan kehidupan air yang lain (Benefield, 1980).

Selain itu, pertumbuhan alga yang berlebihan menimbulkan beberapa masalah (Anonim, 1981) seperti :

- Memberikan warna yang kurang menyenangkan berupa warna hijau biru atau hijau.
- Menimbulkan buih massif yang terapung yang dapat menghambat navigasi atau mengganggu penggunaan air.
- Pada saat pembusukan, menimbulkan bau yang dapat menyingkirkan penduduk dari area yang berangkutan.
- Menekan oksigen terlarut di perairan yang bersangkutan pada saat berlangsungnya dekomposisi dan akibatnya terjadi kematian organisme-organisme akuatik setempat.
- Menjerat atau menyangkut pada peralatan tangkap ikan atau alat pengambilan air.
- Mereduksi “carrying capacity” sistem distribusi air.
- Merusak area pemandian atau pemanfaatan air yang lain.

Bila kadar fosfat pada air alam sangat rendah (< 0.01 mg P/l), pertumbuhan tanaman dan ganggang akan terhalang. Keadaan ini dinamakan

- *oligotrop*. Selain itu, kelebihan P dapat menimbulkan kekurangan Fe, Cu dan Zn pada tanaman karena terbentuknya Zn fosfat yang tidak larut (Rinsema, 1983). Sedangkan dalam ilmu kesehatan, keberadaan fosfat dalam tubuh manusia atau hewan belum ada penelitian secara lebih lanjut.

2.4 Tanaman Keladi (*Calladium*)

Tanaman ini merupakan tumbuhan yang tumbuh dengan baik di daerah tropis maupun sub tropis. Keladi dapat tumbuh di kolam maupun areal pertanaman padi, dengan tinggi batang kira-kira 25-45 cm.

Tanaman ini tumbuh memanjat ditunjang oleh akar angin yang juga menyuburkan tanaman sehingga ukuran daun menjadi lebih sehat.

Faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan tanaman ini adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan Cahaya

Tanaman tidak akan dapat melangsungkan proses asimilasi (fotosintesis) tanpa ada cahaya. Proses asimilasi memerlukan cahaya matahari untuk mengubah bahan makanan berupa gas asam arang (CO_2) dari udara dan air (H_2O).

2. Kebutuhan Suhu

Tanaman ini cocok atau tumbuh baik pada suhu lingkungan siang hari $23^{\circ}C$ – $29^{\circ}C$ dan suhu malam hari sekitar $18^{\circ}C$ – $21^{\circ}C$.

3. Air

Air berperan penting dalam proses fotosintesis dan mengangkut bahan makanan ke seluruh organ tanaman. Disamping itu, air didalam daun juga menjaga tegangan sel daun (*turgor*) bertahan tegar.

4. Kelembaban

Kelembaban rata-rata yang diperlukan tanaman untuk pertumbuhan berkisar 50%.

5. Udara

Kondisi lingkungan yang berudara segar sangat sangat penting bagi kehidupan tanaman *Calladium*. Dalam lingkungan yang berudara segar, tanaman dapat memperoleh O₂ untuk bernapas dan untuk membakar cadangan makanan agar dapat menghasilkan energi untuk pertumbuhan.

6. Perbanyak Tanaman

Calladium diperbanyak dengan menggunakan stek batang atau dengan cara memisahkan anakan dari induknya. Perbanyak *calladium* ini dapat dilaksanakan setiap saat, asalkan lingkungan sesuai dengan tuntutan hidup tanaman.

Pemilihan tanaman keladi air pada *Aquatic plant treatment* ini didasarkan pada pertimbangan – pertimbangan berikut ini :

1. Tanaman keladi air merupakan jenis tanaman yang banyak dijumpai di Indonesia.
2. Dari segi ekonomi tanaman keladi air relative murah.



Gambar 2.3 Tanaman Keladi (*Calladium*)

2.5 HIPOTESA

Pengaruh tanaman Keladi (*Calladium*) terhadap penggunaan *effluent septi tank* yaitu dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman Keladi (*Calladium*) dan dapat menurunkan konsentrasi kontaminan air buangan. Oleh karena itu disusun dua hipotesa, yaitu :

1. *Effluent septictank* dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman Keladi (*Calladium*)
2. Tanaman Keladi (*Calladium*) dapat menurunkan konsentrasi COD, TSS, Total N dan Total P.

Tahap-tahap penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut ini :

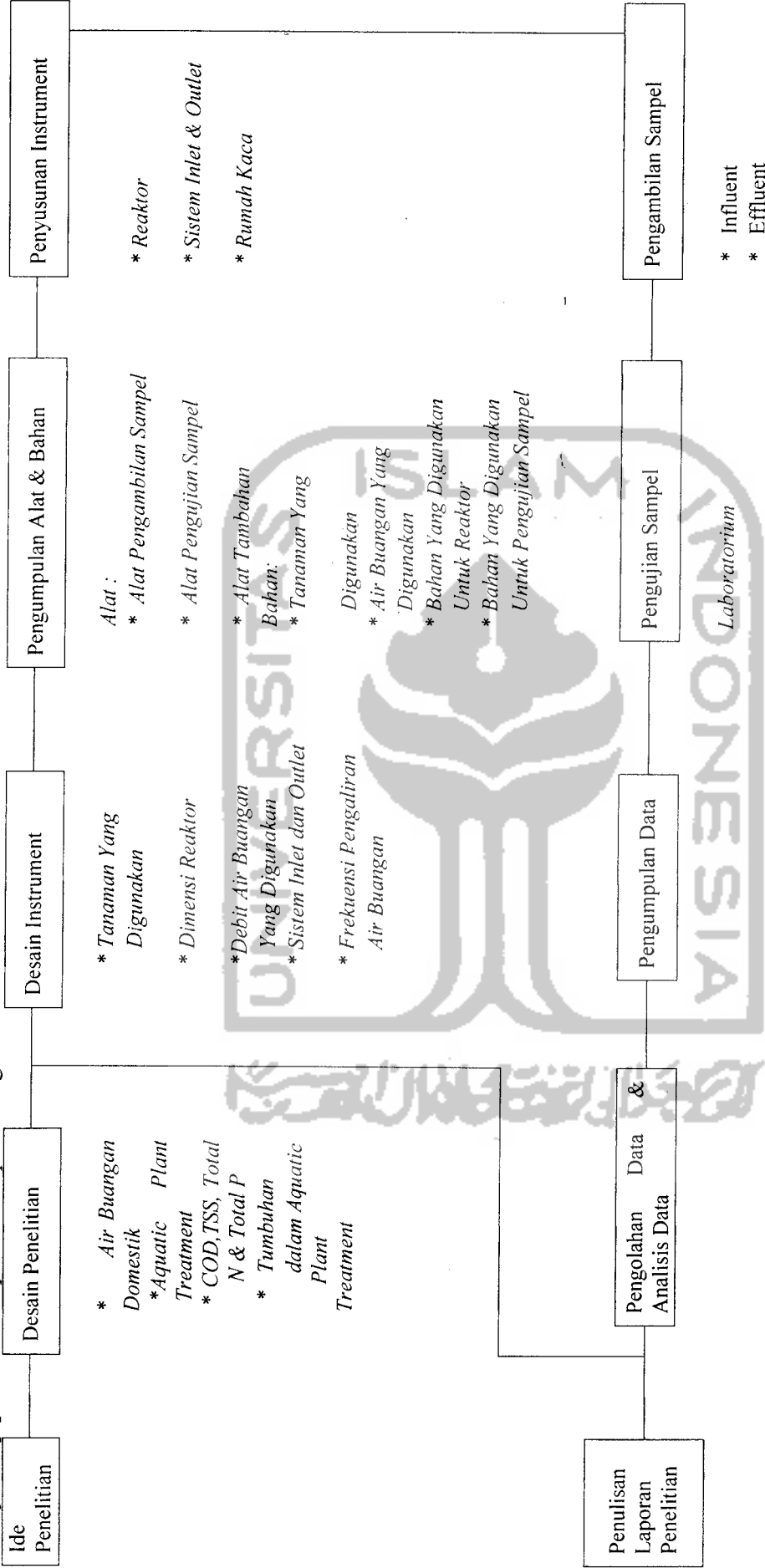


Diagram Alir Metode Penelitian