

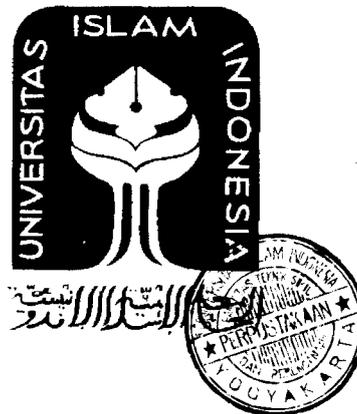
TA/TL/2007/0183

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/DELI	
TGL. TERIMA :	21 Mei 2007
NO. JUDUL :	00 21 59
NO. INV. :	610002459001
NO. INDUK :	

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENURUNAN COD, TSS DAN TOTAL PHOSPAT PADA *SEPTIC TANK*
LIMBAH MATARAM CITRA SEMBADA *CATERING*
DENGAN MENGGUNAKAN *WASTEWATER GARDEN***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Guna Memperoleh Derajat Sarjana Strata – 1 Teknik Lingkungan**

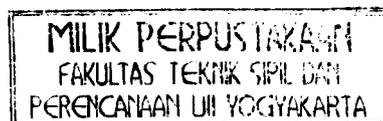


Disusun Oleh :

Nama : Renny Ariyani

NIM : 02 51 30 36

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA
2007**



HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**“PENURUNAN COD, TSS DAN PHOSPAT TOTAL PADA *SEPTIC TANK*
LIMBAH MATARAM CITRA SEMBADA CATERING
DENGAN MENGGUNAKAN *WASTEWATER GARDEN*”**

Nama : Renny Ariyani
No. Mahasiswa : 02 513 036
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

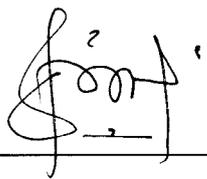
Dosen Pembimbing I

Luqman Hakim, ST, Msi.


Tanggal : 7 2007

Dosen Pembimbing II

Eko Siswoyo, ST.


Tanggal : 7-5-2007

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji dan syukur hanya tertuju kepada Allah SWT. Semoga rahmat, salam dan berkah-Nya terlimpah kepada Nabi Muhammad SAW, para sahabat dan pengikutnya sampai akhir zaman.

Alhamduulillahirabbil'alamin Laporan Tugas Akhir dengan judul **“PENURUNAN COD, TSS DAN TOTAL PHOSPAT PADA *SEPTIC TANK* LIMBAH MATARAM CITRA SEMBADA *CATERING* DENGAN MENGGUNAKAN *WASTEWATER GARDEN*”**, dapat terselesaikan. Tugas akhir ini merupakan puncak dari seluruh kegiatan perkuliahan dalam mendapat predikat Sarjana Strata 1 Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini, penyusun ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, Tuhan yang Maha Esa
2. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, dan sekaligus selaku Dosen pembimbing I Tugas Akhir.
3. Bapak Eko Siswoyo, ST. selaku Dosen Pembimbing II Tugas akhir, dan sekaligus selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan.

4. Bapak Hudori, ST, Bapak Andik Yulianto, ST, Bapak kasam, ST, Ibu Ani, ST, selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan
5. Mas Agus Administrasi Jurusan Teknik Lingkungan, Thanks banget yak.....
6. Mas Iwan.....”Matur Suwun udah dibantuin n sabar dalam pertanyaan-pertanyaan ku selama di lab”...hehehehehe
7. Untuk mam dan bapak yang telah memberikan dukungan, doa dan kasih sayang dan meteril yang tiada hentinya demi terwujudnya cita-citaku.
“Renny persembahkan all nya to parents tercinta”
8. To kakak-kakakku Mbak Wiwin, Mas Doddy dan adik-adikku Waluyo, Ningsih dan kakak ipar ku, Mas Mun dan Hetty....makasih atas perhatian dan doa yang tiada putusnya n dorongan to cepat menyelesaikan Kuliah ku,heheheheh Akhirnya yang berawal dari becaandaan jadi tercapai beneran. Dan keponak-keponakanku yang selalu jahilin aku Pujo (Diqdo), Dimas, Mukti
9. Untuk Mbah Putri Hj. Siti Sundari (Alm), Mbah Kung H. Kasnadi (Alm).....Akhirnya Renny selesaikan ini mbah, Renny yakin. Mbah bahagia di Alam sana, dan dapat melihat Renny, Renny sayank ama mbah...mbah tega ninggalin Renny sebelum Renny mendapatkan gelar ini....
10. Buat Mas Darma “makasih buat waktu, doa, perhatian, Pengertiannya selama ini (canda, tawa, nyebelin, heheheh marahan gara2 hal sepele→hek..h2k... tapi mas g mau marah n dengan sabar menghadapi

sikapku yang naik turun emosinya) thank ya sayank....dah sabar nungguin dan ngertiin nduk selama ini

11. Untuk keluarga besarku di Kal-sel (Gunung Makmur),Lek her, lek rus, Lia, hendro n Tony, keluarga besar mas Darma di BJM dan Kota Baru (M'Dewi),makasih atas Doa dan dorongan nya.
12. To shabat n fatner eke "Diah Lestarie".....wah g bakal eke lupa akan jerih payah qta dalam menyelesaikan TA ini,...bener2 heboh.....dan sikap yang naik turun kadang bisa membuat sebel....bok.....Diah ki yo aneh2 wae masa mau cari kerikil dewe,.....hek5...tak ikutin aja n akhirnya diah nyerah juga n mengikuti saran eke to beli aja kerikilnya.....diah...diah,dikau kok lucu..he.....Cayo.....Hujan dan panas-panasan dah g jadi halangan lagi....Wah baru ini yak qta kurang gawean nyuci krikil yang buanyak buanget,ampek encok-encok dah.....Akhirnya dikau jadi orang yang sehat....he.....Canda lo jeng....Eh bok.....mau KP ke ITP lagi g?? dicariin ama pak Sandi tuh di Tarjun,hekkk.....
13. Buat Pak de (Widya Widatama, Sfarm), Kole (Agung Saputra)...Thank yo dab tanpa kalian aku pasti kualahan n Matur Suwun Sanget dah Bantuin aku selama ini n xan lah tempat aku berkeluh kesah, Mulai dari Persiapan Reaktor ampek nyusun Laporan...heheheh aku masih punya janji makan seafood yak....x AN EMANG temen dalam segala hal dan dengan siap sedia if aku perlu xan langsung meluncur

kelokasi,...walaupun lagi pulang ke muntilan dan magelang n manapun tetep bisa datang,.....aku Salut ama xan....hek.....

14. To Ncur, ST dan Tika, ST, matur suwun to all e dah mau ikutin diah n aku cari kerikil ke X kuning,.....n hujan2an n cari kerikil kok bawaanya makanan,....Piknik yak jeng.....

15. To Gank Cintieng.....Vitaconk, ST (Vitut, ST), (Aconx, ST) heheheh aku akhirnya nyusul xan juga, Indun alias mendem alias nutrijel,alias Herlinda alias Linda...wah paling akeh gelar e ini anak.....Indyun alias robot(kata Nazar dulu,masih ingat g dyun??) alias dinoy, alias Dina.....Tempoz alias satpam alias preman pamungkas alias Hifni alias lia nur,hekk....hek....Dimana pun tetap aja bisa heboh walaupun dalam suasana yang tak mendukung.....Thank yak to all nya selama ini....tapi sekarang qta dah g pernah gila bareng,,hhueheheh

16. Makasih to sobatku Tuti Wardiati, ST, Suwun yak dah kasih penjelasan tentang hal2 yang aku belum eh.....n bertukar pikiran.

17. To keluarga cemara (Dian, Maya, Ria, Uci, Andi, Mirna).....HE...he.... thank ya dalam kerja samanya selama ini dalam bertukar pendapat ...N WAH G TERLUPAKAN waktu bersama2 menunggu pengumuman lulus g nya pendadaran,....bener2 seru dan menegangkan banget.

18. Makasih to Ibu Munichy BE, yang telah memberikan masukan dan memberikan nasihat-nasihat dalam kehidupan ini,hehehe.....thank yak bu....Ariy sering dapat jatah n diskon maem dari ibu,he....he.....

19. To bulek, pak sigit, ayu, ajeng, linda, lian n sikecil Daffa....Makasih to all e selama ini
20. Kagem Anak2 KKN unit 100 angkatam 32...kole (agung), pak de (widya), Bu de (Prili), Iqo, Wika, Sobek2 (Rofiq), Amir, Fiyan, Yogi, Wahid.....thank yo dah ngertiin aku selama kita KKN ampek sekarang.....
21. To QI2, Ani, Maya, Putri < ank arsitek hek2.hek thank ya Ani dah bantuin buat gambar.
22. To lalu iwan alias Belaguk.....wah jan dikau ini bisa buat qta2 g sutres lagi waktu menunngu pengumuman.....
23. Ayo semangat to anak-anak TL 02 yang belum lulus dan sedang mengerjakan TA,jalan qta masih panjang dalam kehidupan ini.

Penulis menyadari bahwa sebagai manusia biasa tentu tidak luput dari kesalahan. Apabila terdapat suatu kesalahan itu merupakan suatu kealpaan dari saya dan apabila terdapat kebenaran itu hanya datang dari Allah SWT semata. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritikan dan masukan demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan bahwa laporan ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penilaian akhir dari Tugas Akhir ini, Amin....

وَالشُّكْرُ لِلَّهِ وَالصَّلَاةُ لِلرَّبِّ وَالزَّكَاةُ لِلْبَنِي وَالْحَمْدُ لِلَّهِ وَبِرَّكَاتِهِ

Yogyakarta, 2007

Penyusun

PENURUNAN COD, TSS DAN TOTAL PHOSPAT PADA SEPTIC TANK LIMBAH MATARAM CITRA SEMBADA CATERING DENGAN MENGGUNAKAN WASTEWATER GARDEN.

Renny Ariyani, Luqman Hakim, Eko Siswoyo
Jurusan Teknik Lingkungan
UII Jogjakarta

INTISARI

*Sumber limbah berasal dari septic tank industri restoran (catering) Citra Sembada Catering, yang masuk dalam kategori limbah domestik. Limbah tersebut banyak mengandung komponen yang tidak diinginkan bila dibuang ke badan air. Konsentrasi limbah yang masih diatas baku mutu, diantaranya akan memunculkan masalah pencemaran. Reaktor Wastewater Garden yang menggunakan krikil (0,5cm-1cm) dan 6 jenis tanaman yaitu : melati air (*Echinodorus palaefolius*), Cyperus (*Cyperus*), Futoi (*Hippochaetes lymnenalis*), Pisang air (*Typhonodorum indleyanum*), Pickerel rush (*Pontedoria cordata*), Cattail (*Typha latifolia*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efektifitas reaktor Wastewater Garden, apabila digunakan untuk menurunkan konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS) dan Phospat Total pada limbah industri restoran (Citra Sembada Catering) yang tertampung pada septic tank.*

Penelitian dilakukan dengan menggunakan reaktor Wastewater Garden dengan sistem batch dan dimensi reaktor 1m x 0.5m x 1m. Zona air limbah 75 cm, dan zona substrat atau krikil 80 cm, akar tanaman ditanam sedalam 10-15 cm. Metode penelitian yang digunakan berdasarkan SNI, dimana COD mengacu pada SNI 06-6989.2-2004 metode refluks tertutup secara spektrofotometri, TSS mengacu pada SK SNI M-03-1990-F metode pengujian secara gravimetri dan Phospat total mengacu pada SNI M-52-1990-03 metode asam askorbat dengan alat spektrofotometer. Penelitian ini dilakukan selama 12 hari dimana setiap 3 hari sampel diambil pada outlet kemudian dianalisa.

Berdasarkan hasil penelitian ini, diperoleh bahwa wastewater garden menggunakan limbah cair Mataram Citra Sembada Catering dapat menurunkan COD dengan efektifitas optimum 40,81% pada hari ke-6, penurunan TSS 89,12% pada efektifitas optimum hari ke-12 dan penurunan phospat total dengan efektifitas optimum pada hari ke-6 yaitu sebesar 99,73 %. Tanaman dapat hidup dengan subur

Kata Kunci : *Limbah Septic tank Citra Sembada catering , Wastewater Garden, COD, TSS dan Phospat Total*

DEGRADATION OF COD, TSS AND TOTAL PHOSPHATE IN SEPTIC TANK WASTEWATER OF MATARAM CITRA SEMBADA CATERING USING WASTEWATER GARDEN

Renny Ariyani, Luqman Hakim, Eko Siswoyo
Department of Environmental Engineering
UII Jogjakarta

ABSTRACT

*Wastewater from industrial restaurant of Mataram Citra Sembada Catering (MSCS) septic tank was classified into domestic waste categorized. That wastewater contains of many unwanted component. The wastewater concentration is still above the quality standard, which caused pollution problems. The reactor used gravel (0,5-1cm) and six various kinds of plants. They are melati air (*Echinodorus paleaflus*), Cyperus (*Cyperus*), Futoi (*Hippochaetes lymnenalis*), Pisang air (*Holisonia rostrata*), Pickerel rush (*Pontedoria cordata*), Cattail (*Typha latifolia*). This research aimed to know the effectivity of reactor is done using to degradation of COD, TSS and Total Phosphate concentrations.*

The research is using wastewater garden reactor which batch system and dimensions are 1mx0,5mx1m. Wastewater zone 75cm, substract zone or gravel 80cm. The root planted in 10-15cm depth. The use of methods depend on SNI which COD refer to SNI 06-6989.2-2004 refluks method isolated spektrofotometrically, TSS refer to SK SNI M-03-1990-F testing method gravimetrically and total phosphorus refer to SNI M-52-1990-03 acid ascorbat method by spektrofotometer. This research is done for 12 day. Where in every 3 day, the sample took on outlet then analyzed.

Based on this research, showed that reactor can decrease COD with 40,81% optimum effectiveness of day 6, decease; TSS 89,12% on day 12; and Total Phosphate 99,73% on day 6. Those plants can growth fertile.

Key Words: *Septictank Wastewater of Mataram Citra Sembada Catering, Wastewater Garden, COD, TSS, and Total Phosphate..*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Industri Restorant (*catering*) merupakan salah satu industri yang bergerak di bidang penyediaan makanan dan minuman, baik yang berskala besar maupun kecil. Keberadaan industri restorant (*catering*) ini semakin hari semakin bertambah seiring dengan terus meningkatnya permintaan. Permasalahan lingkungan yang ditimbulkan akibat sisa proses produksi dari industri Restorant (*catering*) tersebut juga meningkat. Pencemaran badan air dan bau di sekitar lingkungan industri Restorant (*catering*) perlu mendapat perhatian, agar nantinya tidak menjadi permasalahan lingkungan yang lebih serius.

Kesibukan atau pekerjaan yang dimiliki oleh masyarakat Indonesia saat ini, mengakibatkan masyarakat lebih memilih makanan yang siap disantap, hal ini juga berimbas pada berkembangnya industri restorant (*catering*). Industri restorant (*catering*) semakin berkembang, semakin banyaknya tingkat konsumen yang dilayanin, dan semakin banyak pula air buangan yang dihasilkan. Penggunaan air yang semakin meningkat secara kuantitas maupun kualitas diikuti secara langsung peningkatan limbah cair. Limbah yang dihasilkan dapat menjadi masalah apabila pembuangannya mencemari lingkungan secara fisik, kimia dan biologis. Limbah dari industri restaurant (*catering*) merupakan limbah domestik yang hampir semua bahan organik (Jenie dan Rahayu, 1993). Limbah cair dengan kandungan bahan

organik yang sangat tinggi bila dibuang ke alam bebas dapat menjadi nutrisi bagi bakteri. Bakteri tersebut akan berkembang biak dengan cepat dan mereduksi oksigen terlarut yang terdapat dalam air, yang dapat mengurangi oksigen. Kehidupan di perairan akan terganggu dan apabila kekurangan oksigen terlarut sangat tinggi dapat menyebabkan kematian.

Air limbah yang langsung dibuang ke alam tanpa diolah sebelumnya akan menimbulkan masalah bagi kesehatan. Untuk itu banyak dilakukan usaha pengendalian pencemaran dan pengolahan air dengan memanfaatkan limbah itu sendiri. Penggunaan air yang makin meningkat secara kuantitas maupun kualitas diikuti secara langsung peningkatan limbah cair. Limbah yang dihasilkan yang semula dapat discrap oleh sumur peresapan menjadi meluap dengan bau yang tidak sedap. Limbah juga menjadi bermasalah karena ketika masuk ke badan air sungai, mencemari sungai secara fisik, kimia maupun biologis. Limbah dari industri restoran merupakan limbah domestik yang hampir semua bahan organik.

Permasalahan yang muncul adalah pihak Mataram Citra Sembada *Catering* tidak mempunyai instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang mampu mengolah limbahnya, sehingga dapat mencemari lingkungan. Pihak Mataram Citra Sembada *Catering* selama ini menangani air limbahnya hanya dengan menggunakan bak *septic tank*, *effluent* dari *septic tank* tersebut di buang ke badan air. *Septic tank* masih belum mampu mengatasi permasalahan air buangan yang dihasilkan oleh pihak catering. Masalah tingginya biaya operasional dan pemeliharaan IPAL seringkali menjadi alasan bagi pihak

pengelola industri restoran (*catering*) tersebut. Adanya permasalahan di atas, maka perlu dilakukan upaya untuk mencari jalan keluar yang dapat mengatasi permasalahan air limbah industri restoran (*catering*). Salah satu upaya yang akan diteliti yaitu dengan membuat instalasi pengolahan air limbah yang mudah, murah dan mempunyai efisiensi tinggi. *Wastewater Garden* (WWG) merupakan salah satu alternatif yang akan dicoba untuk diterapkan guna mengatasi permasalahan air limbah industri jasa boga ini. Banyak dari industri - industri restaurant yang menggunakan WWG sebagai alternatif pengolahan air limbahnya

Wastewater Garden (WWG) merupakan salah satu alternatif yang akan dicoba untuk diterapkan guna mengatasi permasalahan air limbah industri jasa boga ini. jenis tanaman air mempunyai ruang antar sel atau lubang saluran udara (*aerenchyma*) sebagai alat transportasi oksigen dari atmosfer ke bagian perakaran. Tanaman air bisa hidup pada kondisi yang anaerob (tanpa oksigen).

Pencemaran limbah domestik menimbulkan banyak masalah, diantaranya:

- 1) Dapat merusak keindahan, karena bau busuk dan pemandangan yang tidak sedap dipandang terutama di daerah hilir sungai
- 2) Membahayakan kesehatan manusia karena dapat merupakan pembawa suatu penyakit.
- 3) Merugikan segi ekonomi karena dapat menimbulkan kerusakan pada benda atau bangunan maupun tanam-tanaman dan peternakan.

- 4) Dapat merusak dan membunuh kehidupan yang ada di dalam air seperti ikan dan binatang peliharaan lainnya.

1.2 Rumusan Masalah.

Rumusan masalah yang muncul dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah *wastewater garden* dapat menurunkan COD, Total Suspended Solid (TSS) dan Total Phospat yang terkandung dalam *Septic Tank* limbah *catering* ?
2. Sejauh mana peranan waktu detensi yang terjadi pada *wastewater garden* dalam penurunan konsentrasi COD, Total Suspended Solid (TSS) dan Total Phospat?
3. Sejauh mana fenomena yang terjadi pada *wastewater garden* dalam penurunan konsentrasi COD, Total Suspended Solid (TSS) dan Total Phospat ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Pengolahan limbah domestik dengan menggunakan *wastewater garden*.
2. Tanaman yang digunakan dalam wetland adalah tanaman-tanaman air seperti melati air (*Echinodorus paleaflius*), Cyperus (*Cyperus*), Futoi (*Hippochaetes lymnenalis*), Pisang air (*Typhonodorum indleyanum*), Pickerel rush (*Pontedoria cordata*), *Cattail* (*Typha latifolia*).
3. Sumber limbah yang akan diuji berasal dari *septic tank* Mataram Citra Sembada *Catering* di Kota Yogyakarta.
4. Parameter yang diteliti meliputi: COD, TSS, Total Phospat.

5. Parameter dilakukan dengan skala laboratorium.
6. Waktu penelitian dilakukan pada hari ke 0, 3, 6, 9, 12

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui kemampuan *wastewater garden* dalam menurunkan kadar COD, Total Suspended Solid (TSS) dan fosfat yang terkandung dalam *efflueny septic tank* limbah *catering*
2. Mengetahui peranan waktu detensi dalam penurunan konsentrasi COD, Total Suspended Solid (TSS) dan Total Fosfat pada *wastewater garden*?
3. Mengetahui fenomena yang terjadi pada *wastewater garden* dalam menurunkan konsentrasi COD, Total Suspended Solid (TSS) dan Total Fosfat ?

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan :

1. Dapat meminimalisasi kadar COD, Total Suspended Solid (TSS) dan Total Fosfat yang terkandung dalam *septic tank* limbah *catering* dengan menggunakan *wastewater garden* sebelum dibuang ke badan air.
2. Mengetahui efisiensi penurunan optimum pada konsentrasi COD, *Total Suspended Solid* (TSS) dan Total Fosfat.
3. Diperolehnya sistem pengolahan air limbah yang sederhana, mudah serta mempunyai efisiensi yang tinggi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Restaurant (*Catering*).

Industri Restorant (*catering*) merupakan salah satu industri yang bergerak di bidang penyediaan makanan dan minuman, baik yang berskala besar maupun kecil. Keberadaan industri restorant (*catering*) ini semakin hari semakin bertambah seiring dengan terus meningkatnya permintaan. Permasalahan lingkungan yang ditimbulkan akibat sisa proses produksi dari industri tersebut juga meningkat. Permasalahan pencemaran badan air dan bau di sekitar lingkungan jasa boga perlu mendapat perhatian, agar nantinya tidak menjadi permasalahan lingkungan yang lebih serius.

Pada umumnya, limbah industri jasa boga tidak membahayakan kesehatan masyarakat, karena tidak terlibat langsung dalam perpindahan penyakit. Akan tetapi kandungan bahan organiknya yang tinggi dapat bertindak sebagai sumber makanan untuk pertumbuhan mikroba. Pasokan makanan yang berlimpah, mikroorganisme akan berkembang biak dengan cepat dan mereduksi oksigen terlarut yang terdapat dalam air. Secara normal, air mengandung kira-kira 8 ppm oksigen terlarut. Standar minimum oksigen terlarut untuk kehidupan ikan adalah 5 ppm dan di bawah standar ini akan menyebabkan kematian ikan dan biota perairannya (Janie dan Rahayu, 1993)

Sugiharto (1987) membuat perincian lagi prosentasenya yaitu 99,9% air, dan 0,1% bahan padat. Bahan padat tersebut dibagi dua bagian yaitu bahan padat organik yang terdiri dari :

- 1) Protein 65 %.
- 2) Karbohidrat 25 %.
- 3) Lemak 10 %.

Bahan yang lain adalah bahan padat anorganik terdiri dari butiran garam dan metal.

Air buangan rumah makan pada umumnya bersifat organis, yang memungkinkan timbulnya bakteri yang bersifat patogenis, sedangkan air buangan yang berasal dari sisa-sisa air proses pabrik tercampur atau tidak tercampur untuk keperluan dapur rumah tangga pabrik disebut air buangan industri atau pabrik (Tjokrokusumo,1995). Buangan dapur merupakan campuran yang kompleks dari mineral dan bahan-bahan organik dari berbagai bentuk termasuk partikel benda padat yang kecil.

Menurut Chatib (1991), tujuan dari pengolahan secara biologi dapat mengurangi kandungan organik pada limbah domestik, untuk buangan pertanian, tujuannya adalah untuk menghilangkan nutrien, terutama nitrogen dan fospor yang dapat mendorong pertumbuhan tanaman air. Pengolahan buangan industri, tujuannya untuk menghilangkan dan mengurangi konsentrasi bahan-bahan organik dan anorganik.

Secara umum karakteristik limbah yang dihasilkan dari industri jasa boga ini tergolong dalam kelompok *grey water*, dengan parameter utama

adalah bahan organik. Di bawah ini adalah beberapa parameter yang biasa ada dalam limbah domestik.

Kuantitas air buangan industri jasa boga yaitu :

- 1) Buangan berupa air yang terbesar adalah buangan yang tergabung dari berbagai kegiatan yang masuk ke dalam saluran pembuangan, yaitu: Air dari hasil pencucian peralatan makanan dan sisa makanan, seperti tulang, lemak, nasi, sayuran dan lain-lain.
- 2) Air hasil pencucian pengolahan makanan.

2.2. Mataram Citra Sembada Catering.

2.2.1. Limbah Mataram Citra Sembada Catering.

Sumber limbah Mataram Citra Sembada *Catering*, sebagian besar berasal dari aktivitas dapur, yaitu air dari hasil pencucian bahan makanan, pencucian peralatan makanan dan sisa pengolahan makanan, seperti tulang, lemak, nasi, sayuran, darah, serta air hasil pencucian pengolahan makanan. Selain dari aktivitas dapur, limbah yang masuk ke *septic tank* juga berasal dari kamar mandi. Debit air buangan 6000 liter/hari. *Septic tank* yang dipergunakan berbentuk bulat dan berfungsi sebagai bak pengendap dan penampung. *Effluent* dari *septic tank* tersebut di buang ke sungai.



Gambar 2.1. Septic Tank Mataram Citra Sembada Catering

2.2.2. *Septic Tank*

Septic tank adalah teknik pengolahan limbah yang amat lazim digunakan didunia untuk pengolahan limbah setempat dalam skala kecil. Pada dasarnya proses yang terjadi pada *septic tank* adalah sedimentasi (pengendapan) dan dilanjutkan dengan stabilisasi dari bahan-bahan yang diendapkan tersebut lewat proses anaerob. Proses anaerob pada dasarnya merupakan proses yang terjadi karena aktifitas mikroba dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas.

Keuntungan dari *septic tank* adalah murah, konstruksi sederhana dan dengan operasi yang baik umur teknis nya amat panjang. Kelemahan dari *septic tank* adalah *treatment efficiency* yang relatif rendah (15 % - 40 % BOD) dan effluent yang dihasilkan masih berbau karena mengandung bahan yang belum terdekomposisi sempurna.

Septic tank difungsikan sebagai menampung semua air bekas dari rumah tangga, bukan saja dari W.C, melainkan seluruh air bekas rumah tangga seperti detergen. Hal itu tidak akan mengganggu bekerjanya bakteri di *septic tank* baik dalam hal pengendapan maupun dalam proses penguraian zat organik, asalkan bila ruang air (cairan) dipelihara sesuai dengan kapasitasnya. Fungsi utama *Septic tank* adalah untuk mengubah karakteristik air kotor baku menjadi buangan yang mudah diserap oleh tanah, tanpa menimbulkan pemampatan pada tanah itu sendiri.

Secara terinci, *Septic tank* mempunyai fungsi sebagai berikut :

- ❖ Untuk memisahkan benda padat

Padatan yang *settleable* di dalam air kotor baku dipisahkan dengan cara pengendapan.

- ❖ Untuk mengolah padatan dan cairan secara biologis

Padatan dan cairan di dalam air kotor akan didekomposisi oleh bakteri anaerob dan proses alamiah lainnya.

- ❖ Sebagai penampung Lumpur dan busa

Lumpur (*sludge*) merupakan akumulasi padatan yang mengendap pada dasar tangki, dan busa adalah lapisan padatan yang mengambang. Keduanya di *digest* oleh aksi bakteri. Hasil dari proses dekomposisi tersebut akan diperoleh suatu cairan, gas dan Lumpur matang yang stabil. Di mana cairan terolah akan ke luar sebagai effluen; gas yang terbentuk dilepas melalui pipa ventilasi; dan Lumpur yang matang ditampung di dasar tangki yang nantinya akan dikeluarkan secara berkala.

Konstruksi *septic tank* dengan dua kompartemen (*Double compartments*), hubungan antara ruang pengendapan lumpur I dan II adalah merupakan lubang persegi panjang dibawah dinding sekat pemisah antara kedua ruang pengendapan lumpur, dengan tinggi lubang antara 0,10 sampai 0,15 meter dengan panjang lubang sama dengan lebar-dalam *septic tank*.

Konstruksi *septic tank* dengan dua kompartemen (*Double compartments*). Pada ruang pertama (*treatment chamber 1*) berkisar 70 % (2/3) dari total volume desain, karena sebagian besar dari lumpur atau *sludge*

dan *scum* akan terjadi di ruang ini, dan ruang kedua 30 % (1/3) total volume untuk menangkap partikel padatan yang lolos dari ruang pertama.

Pada ruang pertama ini limbah cair yang masuk akan menjadi 3 bagian ialah

- Lumpur atau *sludge* yang mengendap pada bagian bawah dan untuk seterusnya lumpur ini akan teratur lewat proses anaerobik.
- Supernatan ialah cairan yang telah terkurangi unsur padatannya dan untuk seterusnya akan mengalir menuju ke chamber 2.
- *Scum* (buih atau langit-langit) yang merupakan bahan yang lebih ringan dari air seperti minyak, lemak, dan bahan ikutan lain. *Scum* ini bertambah lama bertambah tebal. Karena itu perlu dihilangkan secara periodik (biasanya sekali dalam 1 tahun). *Scum* ini sebenarnya tidak mengganggu reaksi yang terjadi selama proses pengolahan, tetapi bila terlampaui tebal akan memakan tempat hingga kapasitas *treatment* akan berkurang

Sedangkan pada ruang kedua yang terjadi adalah

- Endapan lumpur atau *sludge*, khususnya partikel yang tidak terendapkan pada ruang pertama.
- Supernatan yang seterusnya menjadi effluent untuk dibuang ke alam atau diresapkan ke dalam tanah

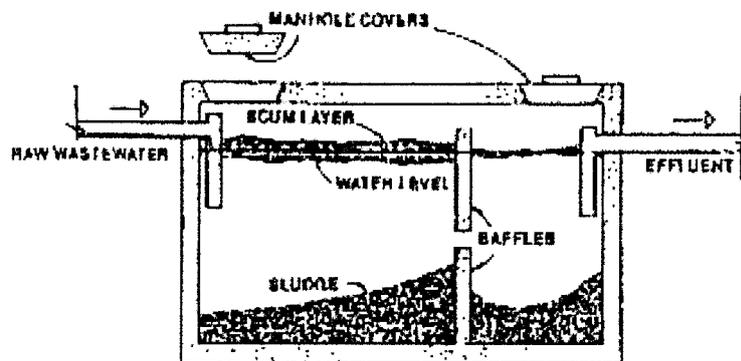
Parameter yang harus dipertimbangkan untuk menentukan ukuran *Septic Tank* antara lain adalah :

- a. Debit rata-rata air bekas yang dibuang dalam sehari
- b. Detention atau retention period, dari 1-3 hari, diambil 1 hari (24 jam)

- c. Dimensi ruang lumpur cukup untuk waktu pengurasan 3 tahun

Syarat-syarat *Septic tank* sebagai berikut :

- a. Tidak mencemari sumber air bersih atau tidak bocor.
- b. Tidak menjadi sarang binatang pembawa penyakit.
- c. Tidak mendatangkan gangguan terhadap lingkungan sekitar baik itu bau ataupun kotor.



Gambar 2.2. *Septic tank*

2.3. Sumber dan Karakteristik Limbah Cair Restaurant (*Catering*).

2.3.1. Sumber Limbah Cair Restaurant (*Catering*).

Sumber limbah cair dari industri jasa boga (*catering*) ini berasal dari buangan berupa air yang terbesar adalah buangan yang tergabung dari berbagai kegiatan yang masuk ke dalam saluran pembuangan, yaitu air dari hasil pencucian peralatan makanan dan sisa makanan, seperti tulang, lemak, nasi, sayuran dan lain-lain, dan air hasil pencucian pengolahan makanan.

Jenis dan tingkat kandungan bahan pencemar di dalam limbah cair akan sangat mempengaruhi dan menentukan karakteristik dari limbah

tersebut. Menurut Djajadiningrat (1992) yang dimaksud air limbah domestik yaitu semua bahan yang berasal dari kamar mandi, kakus, dapur, tempat cuci pakaian dan cuci peralatan rumah tangga. Limbah catering tersebut berasal dari buangan kegiatan memasak, mencuci peralatan dapur, pencucian bahan makanan dan sisa-sisa makanan.

Sesuai dengan sumber asalnya, maka air buangan industri restoran (*Catering*) mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan waktu. Komposisinya sebagian besar terdiri dari bahan organik berupa lemak, karbohidrat dan protein. Air buangan komersial terdapat kandungan garam-garam organik dan kuman-kuman.

2.3.2. Karakteristik Limbah Cair Restoran (*Catering*)

Secara umum karakteristik limbah yang dihasilkan dari industri jasa boga (*catering*) ini tergolong dalam kelompok *grey water*, dengan parameter utama adalah bahan organik. Bahan-bahan yang terkandung dalam air limbah catering tersebut memberikan corak kualitas air limbah domestik dalam sifat fisik, kimia maupun biologi. Sehingga, di dalam limbah *catering* terdapat karakteristik-karakteristik sebagai berikut, yaitu :

a. Karakteristik fisik

Yang termasuk dalam karakteristik fisik ini adalah :

1) Warna

Secara kualitatif warna air buangan yang baru berwarna keabu-abuan, tetapi apabila senyawa organik dioksidasi oleh bakteri maka warna akan berubah menjadi hitam, hal ini disebabkan karena

semakin meningkatnya aktifitas anaerob yang menyebabkan pembusukan dan menimbulkan bau.

2) Suhu

Suhu air buangan sangat tergantung dari aktivitas sumber air buangan sebelumnya, selain itu suhu air buangan bervariasi dari musim ke musim tergantung letak geografisnya.

3) Bau

Bau pada dasarnya ditimbulkan oleh proses dekomposisi secara anaerob dan pada saat proses tersebut berlangsung maka dilepaskan senyawa-senyawa yang menyebabkan bau, seperti H_2S dan NH_3 .

4) Kekeruhan

Kekeruhan terjadi karena larutnya zat-zat dalam air buangan. Adapun kekeruhan diukur berdasarkan adanya zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi (*suspended solid*).

b. Karakteristik kimia

Sifat kimia terbagi dalam 3 kelompok, yaitu bahan organik, bahan anorganik dan gas. Pada industri jasa boga (*catering*) ini, karakteristik kimia yang terdapat adalah :

1) Bahan organik

Bahan organik berisikan protein $\pm 40-60\%$, karbohidrat $\pm 25-50\%$ serta 10% lainnya berupa minyak atau lemak. Protein adalah kandungan utama dari makhluk hidup, termasuk juga didalamnya tanaman dan binatang bersel satu. Jumlah kandungan

ini sangat bervariasi mulai dari yang rendah, seperti tanaman tomat, sampai pada yang persentasenya tinggi, seperti yang terdapat pada jaringan lemak dan daging. Seluruh protein mengandung karbon, yang biasanya adalah kandungan bahan organik seperti halnya dengan dengan hidrogen dan oksigen. Protein merupakan penyebab utama terjadinya bau karena adanya proses pembusukan dan penguraiannya.

Karbohidrat tersebar luas di alam, termasuk diantaranya gula, kanji, selulosa dan kayu, kesemuanya itu dapat ditemui didalam air limbah. Karbohidrat berisikan karbon, hidrogen dan oksigen.

Lemak dan minyak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak didapatkan di dalam air limbah. Lemak dan minyak membentuk ester dan alkohol atau gliserol dengan asam lemak. Gliserid dari asam lemak ini berupa cairan pada keadaan biasa dikenal sebagai minyak dan apabila dalam bentuk padat dan kental dikenal sebagai lemak. Lemak yang biasanya juga dijumpai pada daging pada daerah sel biji-bijian, pada perbenihan serta kacang-kacangan dan buah-buahan. Lemak tergolong pada benda organik yang tetap dan tidak mudah diuraikan oleh bakteri. Apabila lemak tidak dihilangkan sebelum dibuang ke saluran air limbah, maka dapat mempengaruhi kehidupan yang ada

dipermukaan air dan menimbulkan lapisan tipis dipermukaan sehingga menimbulkan selaput.

Semakin lama, jumlah dan jenis bahan organik semakin banyak, maka hal ini akan mempersulit dalam pengelolaan air buangan sebab beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme.

2) Bahan anorganik

Bahan padat anorganik terdiri dari butiran garam-garam organik. Bahan organik dari air limbah juga sangat penting untuk peningkatan dan pengawasan kualitas air. Jumlah kandungan bahan organik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh formasi geologis dari asal air atau air limbah berasal.

c. Karakteristik biologi

Mikroorganisme (bakteri) yang terdapat dalam air buangan. Pemeriksaan biologis didalam air dan air limbah untuk memisahkan apakah ada bakteri-bakteri patogen berada di dalam air limbah. Keterangan biologis ini diperlukan untuk mengukur kualitas air buangan terutama bagi air yang digunakan sebagai air minum, selain itu untuk memperkirakan tingkat kekotoran air buangan tersebut sebelum dibuang ke badan air penerima (Sugiharto, 1987).

Secara biologis air buangan terdapat mikroorganisme yang dikelompokkan menjadi tiga (3), yaitu :

1) Protista.

2) Tumbuhan.

3) Hewan

Untuk lebih lengkapnya, komposisi limbah domestik dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 komposisi air buangan domestik

Kontaminan	Satuan	Konsentrasi Rendah	Konsentrasi Medium	Konsentrasi Tinggi
Total Solid (TS)	mg/L	390	720	1230
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	270	500	860
Fixed	mg/L	160	300	520
Volatil	mg/L	110	200	340
Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	120	210	400
Fixed	mg/L	25	50	85
Volatil	mg/L	95	160	315
Settleable Solids	mL/L	5	10	20
BOD ₅ , 20°C	mg/L	110	190	350
Total Organik Karbon (TOC)	mg/L	80	140	260
COD	mg/L	250	430	800
Nitrogen (Total sbg N)	mg/L	20	40	70
Organik	mg/L	8	15	25
Amoniak bebas	mg/L	12	25	45
Nitrit	mg/L	0	0	0
Nitrat	mg/L	0	0	0
Phospor (Total Sbg Phospor)	mg/L	4	7	12
Organik	mg/L	1	2	4
InOrganik	mg/L	3	5	10
Klorida	mg/L	30	50	90
Sulfat	mg/L	20	30	50
Minyak dan Lemak	mg/L	50	90	100
VOCs	mg/L	<100	100-400	>400
Total Coliform	No./100m L	10 ⁶ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ¹⁰
Fecal Coliform	No./100m L	10 ³ -10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁶	10 ⁵ -10 ⁸

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

2.4 Wastewater Garden (WWG)

Wastewater garden adalah sesuatu yang baru, ekologis dan sebuah solusi dengan biaya yang rendah untuk pengolahan limbah cair. *Wastewater garden* terdiri dalam sebuah penciptaan *wetland* yang artifisial dan di atasnya

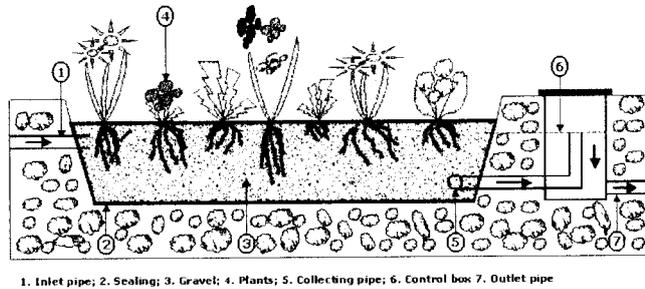
tumbuh berbagai jenis tanaman atau taman. Sumber air dan nutrisi untuk taman ini berasal dari limbah cair *septic tank* (Stoicescu, 2004).

Mekanisme perlakuan yang terjadi didalam *wastewater garden* adalah mengendapkan partikel tersuspensi, proses filtrasi dan presipitasi kimiawi melalui kontak antara air buangan dengan substrat (tanah, pasir, kerikil pendukung tanaman). Proses yang terjadi adalah proses penguraian dan transformasi polutan oleh mikroorganisme dan tanaman, penyerapan dan proses transformasi nutrisi oleh tumbuhan dan mikroorganisme, pemakanan dan kematian secara alami dari bakteri patogen. *Wastewater garden* untuk mengolah air buangan domestik relatif merupakan teknologi baru. Proses fisika, biologi dan kimia yang terjadi didalamnya sangat sulit untuk dipahami, hasil perlakuan yang tidak konsisten sehingga memerlukan penelitian yang lebih lanjut untuk mendapatkan hasil dan fungsi yang optimal.

Penggunaan *wastewater garden* untuk mengolah air buangan dari limbah catering terjadi proses penyaringan atau pembersihan secara fisik, kimia dan biologis (*Subsurface flow wetland ecosystem*). *Subsurface flow* ini terdiri dari kolam dengan substrat atau media yang digunakan merupakan media berpori, antara lain kerikil dan pasir kasar. Proses yang terjadi pada sistem *subsurface flow* ini berupa filtrasi, adsorpsi yang dilakukan oleh media dan bahan organik akibat adanya aktivitas dari akar tanaman.

Pengolahan limbah dengan *wastewater garden* memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam media dan tanaman didalam kolam 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*.



Gambar 2.3. Wastewater Garden (WWG)

Prinsip parameter desain untuk *wetlands system* termasuk *hydraulic-detention time*, kedalaman basin, geometri basin (panjang dan lebar), BOD_5 *loading rate*, *hydraulic-loading rate*.

Tabel 2.2 Kriteria desain *wetlands* tipe *Subsurface Flow*

Parameter Desain	Unit	Type sistem
		<i>Subsurface Flow</i> (SSF)
<i>Hydraulic-detention time</i>	D	4-15
kedalaman basin	Ft	1.0 - 2.5
BOD_5 <i>loading rate</i>	lb/acre-d	< 60
<i>Hydraulic-loading rate</i>	Mgal/acre-d	0.015 – 0.050
Spesifik area	acre/(Mgal/d)	67 – 20

Sumber : Metcalf&Eddy

Keuntungan *Wastewater Gardens*:

1. Mencegah resiko tertular penyakit melalui kontak langsung dengan air limbah toilet.
2. Teknologi tepat guna yang murah, tahan lama dan mudah perawatannya
3. Tidak menimbulkan bau.
4. Tidak membiakkan nyamuk
5. Dapat di buat dengan berbagai ukuran, untuk rumah tangga, klinik, sekolah, rumah sakit bahkan untuk masyarakat banyak
6. Dapat menggunakan air tawar, asin atau payau
7. Menyimpan air di daerah kering, air dari WWG dapat juga digunakan untuk irigasi

2.4.1. Faktor-faktor Desain Wastewater garden yang Sangat Penting

1. Iklim dan regional applicability

Sejak sistem WWG mengandalkan pada tanaman-tanaman hijau dan mikroba, mereka memperlihatkan pertumbuhan yang lebih cepat dalam kondisi hangat, cerah. Pendekatan tersebut (WWG) adalah untuk iklim yang memiliki tingkatan dari tropikal hingga mediterania – tipe dari iklim. Dalam kondisi ini, dengan temperatur tinggi dan peningkatan sinar matahari, keefektifan system adalah tinggi – sepanjang tahun. Dalam iklim dingin, ukuran per-*resident* harus lebih besar untuk mengerjakan pengolahan serupa. WWG tidak hanya khusus direkomendasikan untuk digunakan dalam sistem *on-site*, dekat dengan fasilitas yang mereka perbaiki, tetapi juga menunjukkan reaksi siveness mereka pada daerah dengan air tanah yang dekat permukaan, untuk

daerah bebatuan atau tanah lempung yang kedap (hal itu seringkali menghalangi standar *leachfield* sejak pengoperasian).

2. Pengolahan *grey water*

Grey water berkenaan dengan air limbah, selain daripada itu berasal dari toilet (*blackwater*), termasuk mesin-mesin cuci (*laundry*), showers, bak cuci piring dan air dari dapur. Semua itu dapat dipisah dari *blackwater* melalui sebuah tank sedimentasi daripada septic tank sebelum mengalir ke parit irigasi *subsurface*, jika peraturan lokal mengijinkannya dan pemisahan tersebut cukup mudah menjadi hal yang ekonomis. Keuntungan dari pemisahan *gray water* adalah lebih banyak saluran irigasi dapat terselesaikan dengan air limbah dan keseluruhan biaya proyek akan lebih rendah, selama WWG akan mengolah jumlah air yang lebih kecil. Dalam kasus ini, WWG hanya mengolah air limbah dari dapur, yang mana mengandung partikel-partikel makanan, lemak dan minyak. Bagaimanapun juga, kita seringkali berada dalam situasi dimana pemisahan antara *blackwater* dan *gray water* terlalu sulit dan mahal, hanya sebagai sebuah “retrofit” terhadap perpipaan yang ada. Hal yang paling baik adalah membiarkan WWG mengolah kedua tipe air tersebut, selama WWG dibuat dapat mengatasi keduanya.

3. Pengolahan air hujan (*storm water*)

In urban setting dan in regions subject to membanjir selama badai, *wastewater garden* digunakan untuk membersihkan air dan untuk memperlambat perpindahan air, yang mana menciptakan penahan

banjir. Air badai yang berasal dari kota dan permukaan yang rata seringkali mengandung polutan seperti minyak dan residu bahan bakar yang mana dapat dengan mudah dibersihkan dalam sebuah wetland cell. Dalam sebuah daerah dimana suplai air bersih terbatas atau mahal, menggunakan air hujan memungkinkan penghijauan dari *landscape*, dengan menggunakan sebuah sumber yang alami dan dapat diperbaharui.

4. Kebutuhan lahan

Rata-rata, kita menganggap generasi normal air limbah dari 125-200 L/org/hari (meskipun angka ini dapat sangat berubah menurut norma-norma budaya dan lokasi geografi) dengan 2,5-4 m² WWG/orang. Angka ini bagaimanapun juga tergantung pada banyak faktor termasuk iklim (lebih panas sebuah iklim, lebih kecil sebuah area merupakan hal dibutuhkan, sejak tanaman-tanaman dan mikroba lebih efektif sepanjang tahun), jumlah penduduk dan jumlah air limbah yang mereka hasilkan, apakah sistem mengolah semua air limbah yang mereka hasilkan atau apakah *gray water* terpisah untuk dipakai kembali dan standar pengolahan apa yang dibutuhkan atau diinginkan. Pada iklim dingin, angka ini mungkin dua kali atau tiga kali besarnya tergantung pada tingkat dari pengolahan yang dibutuhkan selama periode dingin tahunan, ketika tanaman-tanaman mungkin tidak aktif dan aktivitas bakteri lebih lambat.

5. Pemeliharaan

Berfungsinya sebuah sistem secara tepat adalah tergantung pada beberapa, tetapi sangat penting, langkah pemeliharaan :

a. *Septic tank*

Septic tank membutuhkan pemeliharaan seperti biasa (normal) : diperlukan pengecekan penyaring (filter) setiap 3-6 bulan dan dilakukan *washing* atau *rinsing* bila diperlukan. *Septic tank* harus dipompa keluar ketika padatnya (*solid*) memenuhi lebih dari setengah kedalamannya (sebuah persyaratan standar untuk pemeliharaan *septic tank*).

b. *Gravel*

Jika porositas *gravel* yang asli (original) mengalami penurunan (yang mana dapat terjadi pada sepuluh tahun kemudian), *gravel* yang baru dapat digunakan sebagai pengganti atau *gravel* yang asli dipindahkan dan dibersihkan. Kemudian, tanaman-tanamannya dapat ditanam kembali didalamnya dan sistem dapat melanjutkan pengolahan efektif untuk beberapa dasawarsa.

c. *WWG water level*

Diperlukannya pengecekan level air dalam wetland cell secara periode melalui *control box*, khususnya selama periode, ketika evapotranspirasi berlebih masuk kedalam wetland. Sampai tanaman-tanamannya berdiri (tumbuh) dengan baik, sangat penting bahwa level air tidak diperbolehkan berada dibawah daerah perakaran.

d. Tanaman

Tanaman-tanaman wetland memerlukan perawatan berkebun seperti biasa – pemangkasan untuk penampilan dan pertumbuhan baru dan bunga-bunga. Pemangkasan yang banyak dari tanaman harus dipindahkan dari WWG untuk mencegah penurunan porositas *gravel* ketika daun-daun tersebut membusuk. Hasil pemangkasan (daun-daun) dapat dipergunakan untuk diluar system atau ditambahkan ketumpukan kompos. Harusnya WWG telah ditanami sebelum dihubungkan ke *septic tank* (dalam ketiadaan dari nutrisi air buangan). Itu mungkin diperlukan pemupukan untuk membantu tanaman-tanaman,

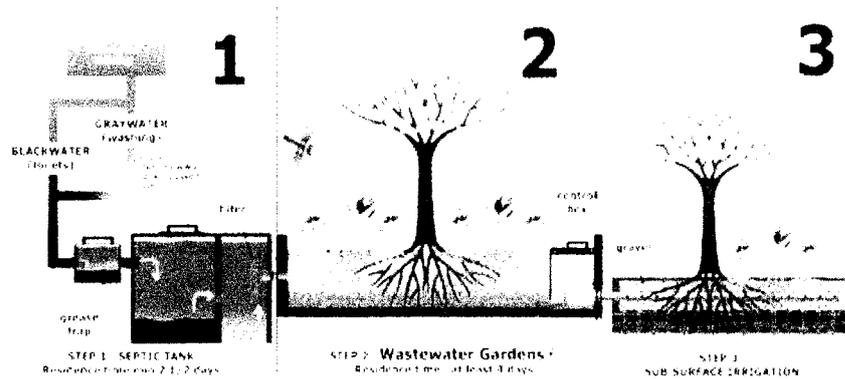
e. Saluran hujan (*drainage*)

Pastikan bahwa saluran air telah memadai disekitar WWG agar aliran air hujan dan tanah tidak tercuci (terproses) kedalam sistem, merupakan hal yang penting sekali. WWG dibangun dengan a berm yang lebih tinggi, yang mengelilingi level tanah, tetapi seseorang harus sesekali memeriksa untuk menyakinkan bahwa tanah tidak terbangun disekitar kolam WWG, dimana akan mempersilahkan aliran air hujan untuk masuk.

2.4.2. Mekanisme Pengolahan “*Wastewater Garden*”(WWG)

Pengolahan limbah dengan *wastewater garden* memanfaatkan tanaman air dan mikroorganisme dalam area tersebut. Pengolahan limbah

cair yang berasal dari *septic tank* dengan *wastewater garden* dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 2.4. Pengolahan *Wastewater garden* dengan limbah *septic tank*

Limbah cair (*blackwater* dari toilet, *graywater* dari bak cuci piring, *shower*, dapur, dan air cuci pakaian) terkumpul ke *septic tank* dengan volume yang cukup besar untuk limbah cair dapat mengendapkan padatan, yang kemudian dicerna oleh bakteri di dalam *septic tank*. Sebuah saringan (filter) akhir mencegah keluarnya padatan ; hanya air yang kaya akan nutrient meninggalkan *septic tank*. Dari waktu ke waktu, padatan akan menumpuk di dalam *septic tank* dan harus dipompa keluar untuk dijadikan kompos atau dipindahkan oleh truk tangki. *Effluent* dari *septic tank* kemudian mengalir ke *wastewater garden* yang mana terisi dengan *gravel* dan memiliki satu atau lebih kompartement, tergantung pada ukuran sistem. Di dalam *wastewater garden* tanaman hijau dan mikroba yang terasosiasi, menggunakan dan memurnikan kandungan organik dan nutrisi dari limbah cair. Desain WWG menjaga agar limbah cair berada di bawah permukaan *gravel*, jadi tidak terdapat bukaan, bau maupun bahaya dari

ketidak sengaja bersentuhan dengan limbah. Keluaran air dari *Wastewater Garden* dikirim ke saluran irigasi permukaan atau ke *leachdrain*, dimana aksi tumbuhan dan tanah selanjutnya memurnikan air dan menggunakan nutrisi manapun. Limbah cair pada umumnya tertahan di dalam *septic tank* selama 2-3 hari dan di didalam *wastewater garden* selama 5-7 hari, selama waktu dimana limbah cair diolah dan dimurnikan oleh tanaman dan mikroorganisme alami (Nelson, Tredwell, Czech, Gove, Made, Cattin, 2006). Mekanisme yang terdapat di dalam *wastewater garden* untuk mengubah kualitas air adalah sangat banyak dan sering kali saling berhubungan. Mekanisme tersebut yaitu :

1. *Solid* (padatan)

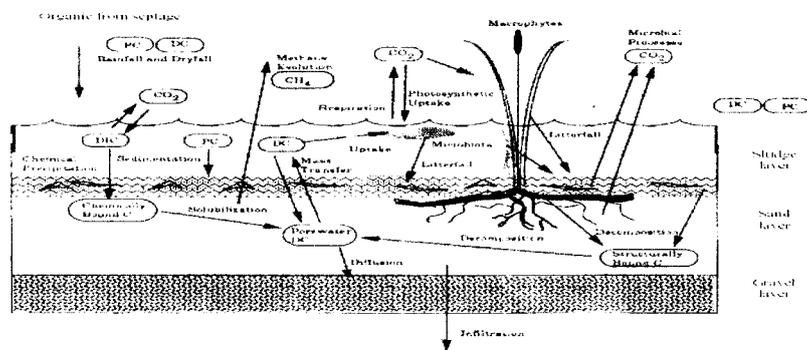
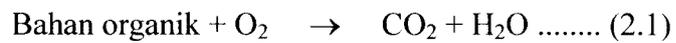
Kadar padatan pada air limbah ini dapat diturunkan dengan proses fisik yaitu sedimentasi. Pada *wetland cell* ini air limbah mengalir melewati media gravel dengan waktu detensi yang cukup, kedalaman media dan kecepatan tertentu, sehingga akan memberikan kesempatan partikel-partikel *solid* untuk mengendap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

2. Bahan Organik

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

aktivitas mikroorganisme ini sangat bergantung pada aktivitas akar tanaman dalam *wetland cell* untuk mengeluarkan oksigen (Gopal, 1999).

Mekanisme pengolahan yang terjadi adalah :



Gambar 2.5 Mekanisme penguraian bahan organik pada *constructed wetland* (Kadlec & Knight, 1995)

3. Bakteri Patogen

Bakteri patogen dapat dihilangkan karena aktivitas media reaktor (gravel), mikroorganisme dan tanaman dalam *wastewater garden*.

Kematian bakteri patogen dapat terjadi melalui 3 proses, yaitu :

a. Proses fisik

- Filtrasi mekanik
 - gravel
 - struktur akar
- Adsorption
- Adherence, patogen/virus melekat pada akar

- Sedimentasi
 - Telur helminthes akan mengendap karena beratnya
 - Bakteri bergabung dengan padatan lainnya dan jatuh ke dasar untuk mati

b. Proses biologi

- kematian secara alami (Natural Die-off)
- Predation (pemakanan oleh mikroorganisme lainnya)
- Ultra-Violet Radiation (hanya untuk surface flow wetlands)

c. Proses kimia

- Kebocoran oksigen dari akar merusak dinding sel bakteri patogen
- Akibat dari asam tannic/gallic yang dikeluarkan oleh akar
- Antibiotik milik bakteri yang hidup pada zona rhizosphere dari akar.

2.4.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Pengolahan

Dalam proses pengolahan dengan sistem *wastewater garden* ada beberapa faktor yang mempengaruhi, yaitu :

a. Tanaman

Tanaman air merupakan komponen terpenting dari *wetland cell* dan memberikan dukungan berupa transformasi nutrisi 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). Proses untuk removal padatan tersuspensi dalam air limbah proses flokulasi, sedimentasi, dan proses filtrasi atau intersepsi. Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air, sedangkan yang lebih ringan akan ikut terbawa oleh air dan tertahan oleh tanaman lalu mengendap. Sedangkan partikel yang lebih kecil lagi akan terserap pada lapisan biofilm yang menempel pada permukaan tanah dan kolam air. Padatan tersuspensi di dalam *wetland* terjadi apabila ada kematian dari invertabrata, batang tanaman yang jatuh, produksi dari plankton dan mikroba di dalam kolam air atau yang menempel dalam permukaan tanaman dan senyawa kimia yang tersepitasi. Selain untuk menahan partikel dalam proses pengendapan, tanaman juga berfungsi untuk mengurangi kecepatan air dengan menggunakan bagian batang tanaman sehingga kecepatan air menjadi rendah dan sebagian media untuk pertumbuhan mikroorganisme, sebagian pembawa oksigen ke lapisan substrat dengan bantuan sistem perakaran dan tempat terbentuknya atau menempelnya lapisan biofilm yang terdapat dalam *constructed wetland*

Keuntungan yang paling besar dengan adanya tanaman dalam *wastewater garden* 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 diffusi secara alami (Merz,2000). Selain itu, tanaman air bisa hidup pada kondisi yang anaerob atau tanpa oksigen. Terjadinya daerah rhizosphere yang bersifat aerob memungkinkan aktifitas berbagai bakteri pengurai bahan organik pencemar dan unsur hara pencemar (nitrogen, phosphor) meningkat.

Sedangkan, fungsi lain dari tanaman ini adalah :

1. Menjaga *hydraulic conductivity* dari substrat supaya stabil.
2. Meningkatkan aktifitas bakteri di bagian perakaran.
3. Sumber karbon bagi bakteri.
4. Akar tanaman sebagai filter.
5. Melepaskan oksigen di daerah perakaran (*rhizosphere*).
6. Akar meresap unsur hara yang terkandung dalam limbah dimana hara tersebut berfungsi sebagai pupuk bagi tanaman.

Pengolahan dalam *wastewater garden* 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 penyaringan oleh tumbuhan ini yaitu menurunkan Konsentrasi BOD melalui proses oksidasi dan reduksi (fermentasi anaerobic); $\text{NH}_4\text{-N}$ dioksidasi oleh bakteri autotop yang tumbuh disekitar *rhizosphere* menjadi nitrat kemudian nitrit yang akhirnya pada kondisi anaerobik dirubah oleh bakteri fakultatif anaerob

yang berada dalam tanah menjadi gas N_2 . Phospat akan diikat oleh koloid Fe, Ca, dan Al yang dalam tanah dalam kondisi aerobik bahwa oksidasi yang terjadi pada daerah *rhizosphere* juga dapat mengurangi keracunan tumbuhan akibat H_2S dan juga dapat mengurangi kadar Fe dan Mn. Oleh karena itu bahwa proses oksidasi yang terjadi di daerah *rhizosphere* mempunyai peranan penting pada proses penjernihan air limbah.

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

Tabel 2.3 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 *wastewater garden* adalah media kerikil. Fungsi kerikil dalam *wastewater garden* adalah sebagai media tempat berpegangnya akar tanaman air yang akan digunakan dalam

wetlands cell. Media kerikil ini tidak berperan langsung dalam proses penurunan zat organik tetapi sangat penting keberadaannya sebagai tempat melekatnya bakteri anaerobik maupun tempat tumbuhnya akar tanaman.

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. (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 *anaerobik* (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 media., pengkondisian lingkungan reaktor yaitu temperatur, pH, ruang yang cukup dan lain-lain.

Komunitas mikroba dalam *wastewater garden* digunakan sebagai indikator pengukuran secara langsung dalam proses pengolahan air

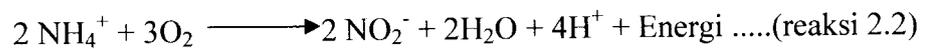
limbah, yaitu jenis mikroorganisme dari bakteri, virus, ragi, microscopis fungi, protozoa, alga. Proses hubungan antara komunitas mikroba ini dalam *wetland cell* merupakan faktor utama dalam mendaur ulang kandungan pencemar dalam air limbah yaitu terjadinya proses dekomposisi dan denitrifikasi.

Proses transformasi yang terjadi di dalam *wetland cell* 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 anaerobik yang berperan dalam mengurai bahan pencemar menjadi nutrien.

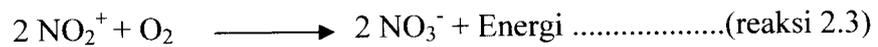
Proses *nitrifikasi* (oksidasi amonium menjadi nitrat dan nitrit secara biologis) dan *denitrifikasi* (oksidasi nitrit menjadi nitrat) dalam *wetland* juga dapat terjadi secara siklus alami, yang disebabkan adanya aktivitas dari mikroorganisme dalam mengurai bahan makanannya, yaitu komunitas bakteri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

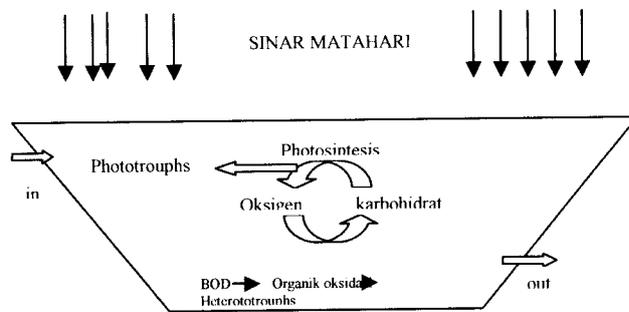
- Oksidasi amonium menjadi nitrit peranan bakteri *Nitrosomonas sp*



- Oksidasi nitrit menjadi nitrat peranan bakteri *Nitrobacter sp*

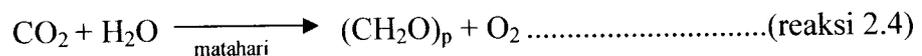


- Pertumbuhan bakteri *heterotroph* dan *autotroph* dalam *wetland*

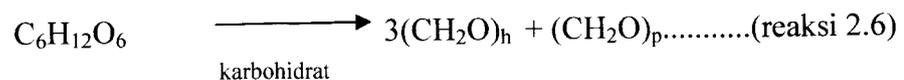


Gambar 2.6 Siklus Pertumbuhan Bakteri *heterotroph* dan *autotroph*

Reaksi pertumbuhan bakteri Phototrophs:



Reaksi pertumbuhan bakteri Heterototrophs:



Semua jenis mikroorganisme yang ada dalam *wetland cell* secara umum beraktivitas untuk mengasimilasi nutrisi 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 *wastewater garden* :

- 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 cell*.
- Media pengurai (*recycling*) pencemar menjadi nutrisi.

Proses mentransformasikan limbah dalam *wetland cell* 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 cell* dapat berkembang biak dengan cepat jika persediaan energi sesuai dengan kebutuhan mikroba dan sebaliknya mikroorganisme akan lambat berkembang biak 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 20⁰C - 30⁰C (Wood,1993 dalam Siswoyo, 2002).

2.4.4. Keunggulan *Wastewater Garden* (WWG)

Wastewater garden menggunakan *constructed wetland* dengan tipe *Subsurface Flow* (SSF). Beberapa kelebihan yang dimiliki dengan menggunakan *Wastewater garden* tersebut, yaitu :

- a. Sistem *Subsurface wetlands* adalah solusi jangka panjang. *Wastewater garden* menjadi lebih efektif pada pengolahan air limbah selama tanaman-tanaman yang digunakan tumbuh dan establish, dibandingkan dengan sistem mekanikal yang mana menjadi sedikit efektif tergantung pada umur mesin-mesin. *Wastewater garden* berbiaya rendah, tidak membutuhkan teknologi tinggi dan masa hidup lama (\pm 20 tahun) memberikan prosedur pemeliharaan yang sederhana selanjutnya.
- b. Walaupun biaya konstruksi tergantung pada lokasi negara dan desain, sistem *wastewater garden* pada umumnya *less expensive* untuk membangun daripada pengolahan limbah konvensional secara kimiawi atau mekanikal dan selalu lebih rendah (dramatis) dalam biaya running mereka ; 5-10 % dari biaya pemeliharaan biasa dan biaya operasi, selama sedikit penggunaan atau tidak ada penggunaan mesin-mesin.

- c. Sistem *wastewater garden* mampu membersihkan air limbah dengan kecepatan yang luar biasa tinggi tanpa penggunaan yang mahal, bahan berbahaya bagi lingkungan seperti chlorin. Dalam penelitian beberapa dasawarsa yang lampau, *constructed wetlands*, tidak terjadi bau, selama air limbah terjaga dari melakukan kontak dengan udara.
- d. Tidak ada perkembangbiakan nyamuk atau gangguan lainnya yang berasosiasi dengan sistem limbah cair yang terbuka seperti *sewage lagoons* atau *surface-flow wetlands*. Kemungkinan ketidaksengajaan kontak dengan sewage juga dapat dihilangkan.
- e. Intensitas pengolahan adalah sedemikian rupa hanya 1/5 area yang dibutuhkan, dibandingkan dengan sebuah *surface flow wetlands*. Setiap butiran *gravel* akan didiami beraneka macam mikroba alami, yang efektif dalam pemanfaatan dan perlakuan terhadap air buangan, dan sistem akar dan pengangkutan air atau nutrisi dari tanaman meningkatkan efisiensi pengolahan.
- f. Sedikit air limbah dilepaskan dari *wetlands* spesial ini (10-30 % tergantung pada desain dan kondisi iklim lokal) karena tanaman menggunakan jumlah air yang besar dalam transpirasi mereka, penurunan kebutuhan permukaan atas saluran pelepasan (*leachdrain*) dan/atau *subsurface irrigation*.
- g. Sistem WWG dapat didesain sesuai pesanan dari unit kecil untuk sebuah tempat tinggal single sampai area yang luas untuk industri atau

sistem kota besar atau kota kecil : pengolahan *constructed wetlands* yang serupa, telah dibangun untuk kota dengan populasi dari 10.000-20.000 orang.hari.

- h. Sementara sistem WWG dapat memberikan banyak penghematan dalam air, dimana khususnya didedikasikan untuk *landscaping*.

2.4.5. Kualitas dari Pengolahan Air dan Penggunaan Air Olahan

Sistem *wastewater garden* memberikan kualitas, seperti dibawah ini :

1. Dengan desain dan pemeliharaan yang sesuai, kualitas air improvement dapat diperoleh :
 - a. Penurunan BOD sebanyak 90 %.
 - b. Penurunan TSS sebanyak 90 %.
 - c. Penurunan Nitrogen sebanyak 25 - 75 % —Perbandingan angka ini akan sangat berbeda-beda dalam hal kondisi local dan waktu pengetesan.
 - d. Penurunan Phosphorus sebanyak 25 - 75 %.
 - e. Penurunan bakteri coliform lebih dari 98 %.
2. Jika *effluent* yang keluar dai unit/s WWG selanjutnya digunakan untuk *subsurface irrigation*, airnya akan berlanjut memiliki nutrisi.
3. Sementara keluaran air olahan dari WWG mempunyai penurunan yang tinggi akan bakteri.

2.4.6 Segi Ekonomis Wastewater Garden (WWG)

Wastewater Garden (WWG) merupakan suatu pengolahan limbah domestik yang sangat ekonomis (*cost reduction* dan *longer-life time*), dapat dilihat dari :

1. Pada investasi dan instalasi awal unit WWG mungkin lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa sistem mekanik atau kimia secara konvensional (mencapai 50 % lebih rendah), tergantung pada letak negara dan jenis tanaman yang digunakan (dewasa atau muda, pada saat awal pengoperasian WWG).

Biaya pengoperasian dan perawatan WWG biasanya 5-10 %, terdiri dari teknologi tinggi, yang berhubungan dengan mesin, berdasarkan pada *Sewage Treatment Plants* (STPs).

- a) Walaupun, berbagai jenis dari STPs konvensional mempunyai bermacam-macam biaya modal awal dan biaya pengeluaran, kesemuanya memiliki pengeluaran atau biaya pengoperasian dan perlengkapan atau perbaikan yang lebih tinggi.
 - b) WWG memiliki siklus hidup, paling minimum selama 20 tahun, dimana hal tersebut merupakan 2-3 kali waktu yang mungkin diharapkan dari STPs, khususnya dalam kondisi terpencil atau tropical. Kebanyakan sistem pengolahan air buangan konvensional memiliki jangka hidup paling baik selama 10 tahun.
2. Sebagai sistem alami, tidak ada biaya bulanan dan atau tahunan dari bahan kimia tambahan yang mahal. Sementara itu, sistem WWG juga

memberikan jaminan terhadap inflasi biaya pemeliharaan (listrik, perbaikan, tempat, dsb).

3. Sistem WWG dibuat mengandalkan aliran gravitasi, dengan penggunaan sedikit mesin atau tanpa mesin, sehingga dapat menghemat biaya dari pompa, listrik, pemindahan tempat dan tenaga kerja ahli teknik untuk pemeliharaan. Pemeliharaannya sederhana, seperti dibutuhkan keahlian berkebun untuk menjaga sistem yang sehat, enak dipandang dan efisien.
4. Keluaran air dari WWG memiliki kandungan organik (BOD) dan padatan tersuspensi lebih rendah, hal ini sangat mengurangi permasalahan umum yang terjadi pada kerusakan *leachdrain* dan kehilangan permeabilitas tanah.

2.4.7 Penggunaan Wastewater Garden sebagai Sebuah Pendorong Ekonomis

1. *Wastewater Garden* (WWG) dapat menjadi sebuah solusi yang efektif dan rendah biaya, dengan memberikan sebuah solusi yang menyokong, terhadap suatu masalah, yaitu bagaimana caranya memperlakukan air kotor (buangan) dengan menghasilkan produk yang bermanfaat dan dapat dijual, dari penggunaan secara efektif limbah cair.

Lumpur (padatan yang dipompa dari *septic tank*) dapat dibuat sebagai kompos, yang mana akan membunuh bakteri patogen potensial manapun, dan akan menghasilkan pupuk organik yang bermanfaat. *Constructed wetlands* dan irigasi lapisan tanah sebelah bawah (*subsoil*)

kedua, dapat digunakan untuk meningkatkan panen, seperti pertumbuhan-cepat dari kayu-kayuan, bunga potong, beberapa macam jenis dari tanaman obat, serat untuk kerajinan tangan dan buah-buahan.

2. *Wastewater Garden* (WWG) juga dapat dibuat untuk memperlakukan (mengolah) lumpur dari truk pemompa *septic tank*. *Constructed wetlands* telah diketahui sangat efektif dalam menggunakan bahan ini, dimana sebaliknya, sangat mahal untuk mengolah dan mengaturnya (bahan tersebut).

Perlakuan tersebut mengkombinasikan antara penggunaan-atau penjualan-dari kompos, dan pemanenan tanaman yang tumbuh diatas WWG, dapat membantu pembiayaan pengeluaran konstruksi dan operasi system pengolahan seperti WWG.

3. WWG dibangun dengan menggunakan pekerja setempat (lokal) dan bahan-bahan (material) lokal, daripada pengimporan mesin-mesin mahal dan/atau produk kimia. Jadi keduanya mewakili investasi modal awal dan biaya pengoperasian dan menambah perekonomian lokal, regional dan nasional.

2.5 Jenis Tanaman yang Dapat digunakan dalam *Wastewater Garden*

Planetary Coral Reef Foundation telah mengadakan setahun penelitian untuk memperluas banyaknya tanaman yang tumbuh subur sebagai bagian dari *wastewater gardens*. Hal itu, termasuk banyak tanaman yang tidak biasanya ditemukan dalam *wetlands*. Kebanyakan tanaman ini sangat indah dan bermanfaat. Biasanya, 1-3 tanaman (tergantung ukuran tanaman)

ditanaman tiap per m² dari *wastewater gardens*, termasuk beberapa dengan akar panjang yang mampu mencapai bagian dasar dari media gravel. Merupakan hal yang alami untuk beberapa tanaman tumbuh subur sementara yang lainnya mungkin mati, khususnya selama *wastewater gardens* diperkuat dengan waktu dan lebih banyak tanaman berkompetisi satu dengan lainnya. Campuran dari tanaman yang memiliki akar yang pendek, sedang dan panjang (pohon-pohon, alang-alang, palem) ditanam untuk memastikan bahwa terdapat penetrasi akar yang efektif dari media gravel pada *wastewater gardens*. Berikut ini merupakan jenis tanaman yang dapat digunakan dalam *wastewater gardens*.

Tabel 2.4 Jenis Tanaman yang Dapat Dipergunakan

No	<i>Jenis Tanaman Air</i>	
	<i>Nama Indonesia</i>	<i>Nama Latin</i>
1	Mata Panah	<i>Sagittaria japonica</i>
2	Futoi	<i>Hippochaetes lymenalis</i>
3	Melati air	<i>Echinodorus paleaflus</i>
4	Water Poppy	<i>Hydrocleys nymphoides</i>
5	Bu Diamond	<i>Scizocentro elegans</i>
6	Kala Air	<i>Zantedeschia aethiopica</i>
7	Tipa	<i>Typha angustifolia</i>
8	Paku Air	<i>Heterranthera reniformis</i>
9	Cyperus	<i>Cyperus</i>
10	Pckered Rsh	<i>Pontedoria cordata</i>
11	Kiapu	<i>Pistia stratiotes</i>
12	Eceng gondok	<i>Eichornia crassipes</i>
13	Pisang air	<i>Typhonodorum indleyanum</i>
14	Anggrek air	<i>Iris</i>

Sumber: Buku Tanaman Air, Lukito Adi Marianto, SP

2.6 Parameter Penelitian

2.6.1. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Menurut *Metcalf and Eddy (1991)*. COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia. Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi, dihitung dengan menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media asam.

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat – zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air. (Alaerts G, 1984).

Chemical oxygen demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi, atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. Pada reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak sama semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri (Fardiaz, 1976)

COD atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada didalam air dapat *teroksidasi* melalui reaksi kimia. Limbah organik akan dioksidasi oleh *kalium*

bichromat ($K_2Cr_2O_2$) sebagai sumber oksigen menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion chro. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik.

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

Uji COD pada umumnya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dibandingkan dengan uji BOD, karena bahan – bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD. *Selulosa* adalah salah satu contoh yang sulit diukur melalui uji BOD karena sulit dioksidasi melalui reaksi biokimia, akan tetapi dapat diukur melalui uji COD.(Fardiaz 1976)

2.6.2. Total Suspended Solid (TSS).

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah Jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikro (Sugiharto, 1987). TSS adalah zat padat tersuspensi yang dapat dikelompokkan menjadi zat padat terapung dan zat padat terendap. Zat padat terapung ini selalu bersifat organik, sedangkan zat padat terendap dapat bersifat organik dan anorganik. Analisa zat padat tersuspensi dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-



komponen air secara lengkap juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang limbah cair.

Padatan tersuspensi yang terdapat dalam air limbah dapat dihilangkan dan diproduksi secara alami. Proses fisik yang berperan untuk meremoval padatan tersuspensi adalah proses flokulasi, sedimentasi dan intersepsi. Padatan tersuspensi di dalam *wetland* terjadi apabila ada kematian dari invertebrata, batang tanaman yang jatuh, produksi dari plankton dan mikroba di dalam kolam air, alga atau yang menempel pada permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang terpresipitasi seperti besi sulfida.

Berkurangnya kadar TSS dalam limbah disebabkan jumlah muatan ion yang masuk semakin besar, sehingga proses destabilisasi koloid semakin besar dan daya tarik menarik antar partikel bekerja dengan baik. Partikel-partikel tersebut saling berikatan dan membentuk mikroflok yang selanjutnya mengalami aglomerasi sehingga membentuk makroflok yang mudah untuk dapat mengendap, dan kandungan TSS dapat diturunkan.

Analisa zat padat dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloidal (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi). Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung

apabila sangat ringan, materi inipun dapat disaring. Koloid sebaliknya sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan saringan (filter) air biasa.

Seperti halnya ion-ion dan molekul-molekul (zat yang terlarut), zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat bersifat inorganik (tanah liat, kwarts) dan organik (protein, sisa makanan dan ganggang, bakteri). Dalam metode analisa zat padat, pengertian zat padat total adalah semua zat – zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organik dan inorganik seperti pada keterangan dibawah ini :

Zat padat total , terbagi menjadi dua :

- Zat padat terlarut
- Zat padat tersuspensi, terbagi menjadi dua :
 1. Zat padat tersuspensi Organik
 2. Zat padat tersuspensi Inorganik

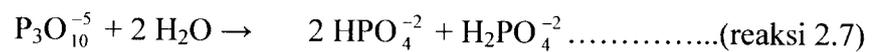
Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklarifikasikan sekali lagi antara lain zat padat terapung yang selalu bersifat organik dan zat padat terendap yang dapat bersifat organik dan inorganik. Zat padat terendap adalah zat padat dalam suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya.

2.6.3. Phospat Total

Fosfat ada di dalam air limbah, sebagian dari fosfat pada air limbah masyarakat adalah dalam bentuk anorganik dengan ortofosfat (PO_4^{3-} ,

HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-) meningkatkan sebanyak 25% dari seluruh total fosfat. Pada proses biologis dalam air limbah yang diolah mengubah jenis polifosfat ke dalam ortofosfat, sehingga fosfat pada buangan akhir air limbah terdiri dari 80% ortofosfat. Air limbah yang berasal dari rumah tangga banyak sekali mengandung nitrat dan fosfor (Sugiharto, 1987).

Reaksinya adalah sebagai berikut :



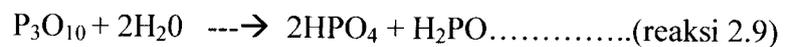
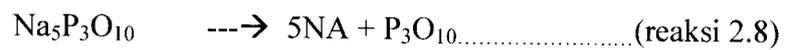
Senyawa fosfat adalah suatu komponen yang sangat penting dan sering dipermasalahkan keberadaannya di dalam air. Unsur ini adalah salah satu dari beberapa unsur pencemar yang esensial untuk pertumbuhan ganggang, karena dengan adanya pertumbuhan gangga yang berlebihan dalam suatu perairan akan menyebabkan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

Bila kadar fosfat pada air alam sangat rendah (0,01 mg P/l), pertumbuhan tanaman dan gangga akan terhalang. Keadaan ini dinamakan oligotrop (Alaerts, 1987). Kelebihan P dapat menimbulkan kekurangan Fe, Cu dan Zn pada tanaman karena terbentuknya Zn fosfat yang tidak larut.

Senyawa nitrogen anorganik, fospat merupakan faktor pembatas kehidupan tumbuhan pada perairan, fospat merupakan bagian dari asam nukleat yang merupakan unsur penting dalam semua organisme. Sejumlah bakteri yang mampu menyimpan fosfor dalam bentuk polifosfat dalam granula volatin keberadaan fosfor dala air hanya terbatas dari hasil dekomposisi zat organik oleh bakteri dan fungi.

Beberapa bakteri dan fungi mampu memecah senyawa-senyawa organik fosfor dan mampu melepaskan fosfat dari dan kembali dalam siklus materi, fosfat dalam air seringkali dalam keadaan padat. Siklus fosfat pada sejumlah bakteri yang mampu melarutkan trikalsium fosfat berharap bakteri yang dapat mendekomposisi trikalsium fosfat adalah genus *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Escherichia*, *Bacillus*, dan *Micrococcus*.

Bahan pembentukan utama didalam detergen adalah *natrium tripolifosfat* ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$). Senyawa ini tidak merupakan masalah dalam dekomposisinya di lingkungan, sebab ion P_3O_{10} akan mengalami reaksi hidrolisis perlahan didalam lingkungan untuk memproduksi *orthofosfat* yang tidak beracun, dengan reaksi sebagai berikut :



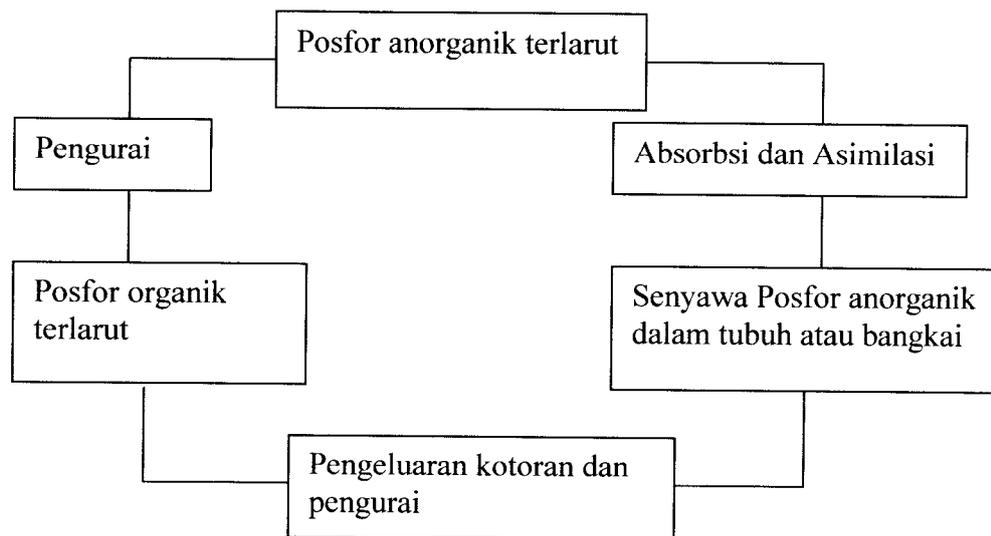
Fosphate mempunyai keuntungan :

1. Fosfat tidak beracun terhadap hewan air dan tidak mengganggu kesehatan manusia.
2. Fosfat bersifat aman digunakan dalam berbagai pewarna serat kain.
3. Fosfat bersifat aman digunakan dalam mesin cuci, tidak bersifat korosif dan tidak mudah terbakar (Fardiaz, 1992)

Fosfat juga mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan jika dihubungkan dengan mutu air, yaitu :

- Fosfat tidak mengganggu dalam pengolahan air buangan.

- Fosfat dapat dipecah melalui hidrolisis dan pengolahan air buangan dan air permukaan. Setelah dipecah, fosfat tidak lagi bersifat sequestran.
- Fosfat mudah dihilangkan dari air buangan dalam pengolahan air buangan.
- Struktur kimia dan reaksi fosfat telah diketahui sehingga mudah dikendalikan.



Gambar 2.7 Daur posfor dalam ekosistem (Kristanto,2002)

2.7 Tanaman - tanaman air hias dalam *Wastewater Garden*

Tanaman sebagai media untuk pertumbuhan mikroorganisme baik secara alami maupun di dalam *constructed wetland* dan memberikan suplai oksigen di dalam lapisan *rhizosphere*. Suplai oksigen yang terjadi di dalam *wetland* berasal dari atmosfer serta adanya proses fotosintesis oleh tanaman dan alga yang terdapat di dalam air. Ketika akar tanaman menjadi kurang efektif dalam mengoksidasi limbah cair, maka daerah perakaran atau sekitar

perakaran merupakan lingkungan oksidasi yang dapat menjadi pelabuhan mikroba aerobik yang dapat meningkatkan proses bahan organik khususnya BOD

COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengurangi bahan organik secara kimiawi. Besar kecilnya COD akan mempengaruhi jumlah pencemaran oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan berkurangnya jumlah oksigen terlarut dalam air. Penurunan konsentrasi COD dapat terjadi secara optimal dengan waktu detensi yang cukup, bahan organik yang terdapat dalam limbah cair mengalir melewati partikel-partikel krikil dengan waktu detensi yang cukup sehingga akan memberikan kesempatan yang lebih lama antara mikroorganisme, oksigen yang dilepaskan tanaman dan air limbah.

Prinsip dasar sistem pengolahan limbah secara biologis ini adalah proses respirasi tanaman *hydrophyte* ini mampu mengisap oksigen dari udara melalui daun, akar dan rhizomenya yang kemudian dilepaskan kembali pada daerah sekitar perakaran (*rhizosphere*). Hal ini dimungkinkan karena jenis tanaman air seperti *hydrophyte* mempunyai ruang antar sel atau lubang saluran udara (*aerenchyma*) sebagai alat transportasi oksigen dari atmosphere ke bagian perakaran.

Sekelompok mikroba lainnya yang hidup bersimbiosis disekitar akar tanaman, baik tanaman pada habitat tanah atau air, yang kehidupannya secara khas tergantung pada akar tersebut, kelompok mikroorganisme tersebut umumnya dinamakan *mikroba rhizosfer*. Banyak dari jenis *mikroba*

rhizosfer yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penguraian terhadap benda-benda organik atau benda-benda anorganik yang terdapat pada air buangan. Kelompok tanaman yang digunakan adalah tanaman dengan kelompok amfibi.

Kelebihan dari tanaman air adalah bisa hidup pada kondisi yang anaerob atau tanpa oksigen. Terjadinya daerah *rhizosphere* yang bersifat aerob memungkinkan aktifitas berbagai bakteri pengurai bahan organik pencemar dan unsur hara pencemar (*nitrogen, phosphor*) meningkat.

2.7.1. Melati air (*Echinodorus paleaflius*)

Tanaman Melati air (*Echinodorus paleaflius*) banyak tumbuh di daerah tropis dengan tinggi sekitar 20-70 CM. Jumlah daun yang memiliki beraneka ragam tergantung dari umur tanaman. Bunga melati air (*Echinodorus paleaflius*) berwarna putih dengan sedikit rona kuning kecoklatan dibagian tengahnya. Bentuk daun melati air (*Echinodorus paleaflius*) beragam, sangat tergantung varietasnya. Melati air (*Echinodorus paleaflius*) ini memiliki daun yang berbentuk agak bundar dengan bagian tepinya bergelombang. Melati air (*Echinodorus paleaflius*) ini bisa diperbanyak dengan menggunakan pemisahan anakan tunas. Anakan tunas umumnya tumbuh pada pangkalan batang tanaman. Tanaman melati air (*Echinodorus paleaflius*) ini memiliki keunggulan dalam kegiatan fotosintesis, penyediaan oksigen dan penyerapan sinar matahari

Faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan melati air (*Echinodorus paleaflius*) adalah sebagai berikut :

➤ Air.

Ketergantungan hidup tanaman ini dipengaruhi oleh air dimana ketersediaan air harus terjamin dan mencukupi selama pertumbuhan melati air (*Echinodorus paleaflius*).

➤ Hidup pada suhu 20-28 oC

➤ Hidup pada derajat keasaman (pH) berkisar antara 5,5-8

➤ Hidup pada daerah tropis.

2.7.2. *Cyperus*

Tanaman ini merupakan tanaman yang tumbuh baik di daerah tropis maupun sub tropis. Juga telah dikembangkan pula dengan ukuran dan bentuk yang bervariasi. Tanaman ini biasa dikenal dengan nama tanaman pepayungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman mempunyai kemampuan menurunkan kandungan COD dan TSS sampai mencapai rata-rata 20%. *Cyperus* berbentuk segitiga, didalamnya terdapat semacam serbuk berwarna putih. Tinggi tangkainya tidak tanggung-tanggung, bisa menjulang hingga 3-5 m, bergerombol membentuk rumpun yang indah, bagian ujung tangkai ditumbuhi daun-daun halus yang bergerombol sepanjang kira-kira 25 cm, yang menyebar seperti air mancur.

Faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan *Cyperus (Cyperus)* adalah sebagai berikut :

➤ **Kebutuhan cahaya**

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

➤ **Kebutuhan suhu**

Tanaman ini cocok atau tumbuh baik pada suhu lingkungan dengan temperatur 20-30 °C.

➤ **Air**

Air berperan sangat penting dalam proses fotosintesa dan mengangkut bahan makanan keseluruh organ tanaman. Disamping itu juga, air di dalam daun juga menjaga tegangan sel daun (*turgor*) bertahan tegar.

➤ **Kelembaban**

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

➤ **Udara**

Kondisi lingkungan yang berudara segar sangat penting bagi tanaman *cyperus*. Lingkungan yang berudara segar tanaman dapat memperoleh

O₂ untuk bernapas dan untuk membakar cadangan makanan agar dapat menghasilkan energi untuk pertumbuhan.

➤ Perbanyak tanaman

Cyperus diperbanyak dengan menggunakan stek batang atau dengan cara memisahkan anakan dari induknya.

Tanaman ini mempunyai keunggulan dalam kegiatan fotosintesis, penyediaan oksigen dan penyerapan sinar matahari pada bagian daunnya. Serta tanaman ini dapat dimanfaatkan menjadi daun panir

2.7.3. Pickerel rush (*Potendoria Cordata*)

Family: Pontederiaceae (*pickereelweedfamily*). Tanaman berbentuk rumput ini berbunga sepanjang tahun. Bunganya kecil-kecil berwarna keunguan berkerumun pada tandan yang bentuknya meruncing. Tinggi tangkai yang menopang bunga sekitar 90 cm. Daunnya berwarna hijau tua berebentuk hati yang memanjang hingga 30 cm. Setiap tangkai terdapat 2-4 helai daun, seolah melindungi bunganya yang cantik.

Disamping yang berbunga ungu, dijumpai pula hibrida berbunga putih yaitu *pontedoria cordata "alba"*. *Pontedoria cordata* menurut sejarah ditemukan pada abad ke-18 oleh botani bernama Pontedera. Nama *cordata* berasal dari bahasa latin yang berarti berbentuk hati yaitu untuk menggambarkan bentuk daunnya. Dalam rumput tanaman ini tumbuh tunas-tunas anakan baru. Lewat pemisahan tunas-tunas tersebut tanaman ini bisa diperbanyak.

2.7.4. Futoi (*Hippochaetes lymenalis*)

Futoi tetap tampil cantik dan natural sebagai tanaman kolam marginal atau dipajang soliter dalam sebuah wadah khusus. Batangnya hijau lurus keatas mirip sekumpulan lidi, berbentuk silindris dengan tinggi 1-2M. Setiap batang memiliki beberapa ruas yang jelas. Agar batangnya tetap hijau jangan ditempatkan di bawah naungan. Futoi bisa diperbanyak dengan stik batang dan pemisahan rumpun. Benamkan potongan tersebut langsung pada media tanam.

2.7.5. Cattail (*Typha latifolia*).

Tanaman typha tumbuh disepanjang garis danau dan rawa-rawa, sering kali dalam koloni yang padat dan kadang-kadang dianggap sebagai rumput liar dalam perlakuan wetlands. Sistem akar tanaman ini, membantu mencegah erosi, dan tanamannya sendiri sering sebagai rumah untk berbagai serangga, burung dan amphibi. *Typha latifolia* mempunyai kedudukan taksonomi sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Liliopsida*
Ordo : *Typhales*
Famili : *Typhaceae*
Genus : *Typha*

Spesies : *Typha latifolia*

Typha latifolia adalah tumbuhan perennial, from creeping rhizome, dengan tinggi sekitar 1-2,7 m ; memiliki daun yang datar (ceper), berpelepah, berwarna pucat atau keabu-abuan hingga hijau, dengan lebar sekitar 6-23 mm ; memiliki benang sari (dengan panjang 7-13 cm) dan putik berwarna coklat pekat (dengan panjang 2,5-20 cm) yang merupakan bagian dari pakunya, biasanya terletak bersebelahan ; buahnya memiliki ketebalan 1,2-3,5 cm, permukaannya terlihat seperti berkerikil atau berkoral bila dilihat dengan seksama, dengan dimahkotai persistent dan hampir berbulu, putik bunga tanpa cabang berada diantara bulu-bulu ; stigma terbuka-ovate, berdaging, persistent ; buahnya memiliki panjang kira-kira 1 cm, dengan rambut putih yang timbul berlebihan didekat bagian dasar.

Akar typha latifolia mengandung 30 % zat tepung, 7,8 % protein mentah, 1% gula mentah, 0,7 % glukosa, 0,7 % asam oksalit. Bagian antenanya mengandung 1,5-3,5 lemak, 7-12 % protein mentah, 38-48 % karbohidrat. Daunnya mengandung quercetin-3-neohesperidosid, quercetin-dan kaempferol-3-glucoside, quercetin-dan kaempferol-3-galactoside. Serbuk sarinya digunakan baik sebagai pengobatan dan bahan makanan, mengandung 19 % protein mentah, 17,8 % karbohidrat (glukosa, fruktosa, arabinose, rhamnose, xylose) dan 1,1 % lipid. Minyak bijinya, kandungan yang paling banyak mendominasi adalah asam linolenic dan gliseric.

Typha dapat hidup didaerah tropis hingga temperatur dingin, cattail dapat mentoleransi presipitasi tahunan dari 4-40 dm dan temperatur tahunan sekitar 6-28 °C. Cattail menggunakan beberapa pencemar sebagai nutrisi. Apabila pertanian cattail berada dekat dengan *sewage treatment plants*, maka cattail dapat membersihkan nitrogen dan phosphorus yang mengganggu pada *effluent sewage treatment plants*. Tanaman cattail menggunakan energi matahari dan karbondioksida untuk menghasilkan zat tepung dan gula melalui fotosintesis.

Tanaman ini dikatakan kaya akan vitamin B1, B2 dan C. Tanaman ini tumbuh sebagai koloni yang padat dalam kolam, sisi jalan yang basah atau lembab, dan sistem irigasi *rin-off*. Tumbuh dengan daun ramping yang panjang hingga 5 kaki, dan tangkai bunga yang besar yang tingginya bisa mencapai 7 kaki serta kantung biji yang tingginya 6 inchi. Kantung biji yang berwarna coklat dan sangat padat mampu melepaskan ribuan biji yang menempel pada bulu-bulu halus ketika kantung biji masak dan melepaskan semua bijinya selama akhir musim gugur dan samapai awal musim semi.

2.7.6. Pisang air (*Heliconia rostrata*)

Heliconia rostrata memiliki kedudukan taksonomi sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*

Divisi : *Magnoliophyta*

Kelas : *Liliopsida*

Ordo : *Zingiberales*
Famili : *Heliconiaceae*
Genus : *Heliconia*
Spesies : *Heliconia rostrata*

Heliconia rostrata memiliki bunga berbentuk tabung dengan ovaria di bagian dalamnya. Kelopak bunga terbentuk dari integrasi enam tepala (daun tenda bunga) yang berbeda (kelopak daun dan mahkota daun). Di dalam bunga terdapat stamen yang menghasilkan serbuk sari dan membuahi kepala putik secara terus menerus. Pada umumnya bunga tersembunyi diantara daun-daun berukuran besar yang disebut *wacts*. Tiap-tiap perhiasan bunga memiliki perbedaan dalam hal warna, ukuran, susunan, tekstur, jumlah dan sifat-sifat lain antara satu dengan lainnya. Bunga yang berbentuk seperti tabung, sesuai atau cocok dengan paruh burung kolibri (seperti gembok dan kunci) yang dalam hal ini mampu membantu penyerbukan *heliconia neotropic*.

Daun *heliconia* kurang lebih sama dengan daun pisang. Bagian dasar petiole kasar dan saling melapisi satu sama lain membentuk selaput tipis di sekitar batang. Bagian tanaman yang berada di dalam tanah sebagian besar berupa rhizoma yang merupakan batang dalam tanah.

2.8 Hipotesis

Wastewater garden dapat menurunkan konsentrasi COD, TSS, dan Total Phospat yang terkandung dalam limbah cair *septic tank* Mataram Citra Sembada *Catering*.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAKSI	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Limbah Restaurant(<i>Catering</i>).....	6
2.2. Mataram Citra Sembada <i>Catering</i>	8
2.2.1 Limbah Mataram Citra Sembada <i>Catering</i>	8

2.2.2 <i>Septic Tank</i>	9
2.3. Sumber dan Karakteristik Limbah Cair Restaurant (<i>Catering</i>).....	12
2.3.1 Sumber Limbah Cair Restaurant (<i>Catering</i>).....	12
2.3.2 Karakteristik Limbah Cair Restauraan (<i>Catering</i>)	13
2.4 WasteWater Garden (WWG).....	17
2.4.1 Faktor-faktor Desain Wastewater garden yang Sangat Penting.....	20
2.4.2 Mekanisme Pengolahan “ <i>Wastewater Garden</i> ”(WWG).....	24
2.4.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Pengolahan.....	28
2.4.4. Keunggulan <i>Wastewater Garden</i> (WWG).....	36
2.4.5. Kualitas dari Pengolahan Air dan Penggunaan Air Olahan.....	38
2.4.6 Segi Ekonomis Wastewater Garden (WWG).....	39
2.4.7 Penggunaan WWG sebagai Sebuah Pendorong Ekonomis.....	40
2.5 Jenis Tanaman Air yang Dapat Digunakan dalam Wastewater Garden	41
2.6 Parameter Penelitian.....	43
2.6.1. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	43
2.6.2. <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	44
2.6.3. Phospat Total.....	46
2.7 Tanaman - tanaman air hias dalam <i>Wastewater Garden</i>	49
2.7.1. Melati air (<i>Echinodorus paleaflius</i>).....	51
2.7.2. <i>Cyperus</i>	52
2.7.3. Pickerel rush (<i>Potendoria Cordata</i>).....	54
2.7.4. Futoi (<i>Hippochaetes lymenalis</i>).....	55

2.7.5. Cattail (<i>Typha latifolia</i>).....	55
2.7.6. Pisang air (<i>Typhonodorum indleyanum</i>).....	57
2.8. Hipotesis	57
BAB III METODE PENELITIAN.....	60
3.1. Lokasi Penelitian.....	60
3.2. Obyek Penelitian.....	60
3.3. Waktu Penelitian.....	60
3.4. Kerangka Penelitian.....	61
3.5. Variabel Penelitian.....	62
3.6. Reaktor Wastewater garden.....	62
3.6.1. Desain Wastewater garden.....	62
3.6.2. Dimensi Reaktor.....	62
3.6.3. Pembuatan Reaktor Wastewater Garden.....	63
3.7. Tahap Penelitian.....	64
3.7.1. Persiapan Penelitian.....	64
3.7.2. Pelaksanaan Penelitian.....	66
3.7.3. Proses Sampling.....	67
3.8. Analisa Kualitas Air Limbah.....	67
3.9 Analisa Data.....	68
3.10. Analisa Pertumbuhan Tanaman.....	69

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	70
4.1. Analisa Kualitas Limbah Cair.....	70
4.1.1 <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	70
4.1.2. Penurunan <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	78
4.1.3. Phospat Totat.(PO_4).....	82
4.2. Analisa Pertumbuhan Tanaman.....	87
4.2.1. Analisa Kuantitatif	87
4.2.2. Analisa Kualitatif.....	88
4.2.2.1.Kondisi Pertumbuhan Daun Tanaman Dalam Reaktor <i>Wastewater</i> <i>Garden</i>	88
4.2.2.2.Kondisi Pertumbuhan Batang Tanaman Dalam Reaktor <i>Wastewater garden</i>	90
4.3. Kondisi Air Limbah.....	91
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	93
5.1. Kesimpulan	93
5.2. Saran.....	94
 DAFTAR PUSTAKA	95

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi air buangan domestik.....	17
Tabel 2.2	Kriteria desain <i>Wetland</i> tipe <i>Subsurface Flow</i>	19
Tabel 2.3	Fungsi komponen-komponen tanaman dalam <i>wetland</i>	31
Tabel 2.4	Jenis Tanaman yang Dapat Dipergunakan.....	42
Tabel 3.1	Pehitungan dimensi reaktor batch <i>wastewater garden</i>	62
Tabel 4.1	Hasil <i>Test of between – subject effects</i> COD	77
Tabel 4.2	Hasil <i>Test of between – subject effects</i> TSS.....	81
Tabel 4.3	Hasil <i>Test of between – subject effects</i> Phospat total.....	87
Tabel 4.4	Kondisi Air limbah pada reaktor uji.....	92
Tabel 4.5	Kondisi air limbah pada reaktor kontrol.....	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Septic tank</i> mataram Citra Sembada Catering.....	8
Gambar 2.2	<i>Septic Tank</i>	12
Gambar 2.3	<i>Wateswater Garden (WWG)</i>	19
Gambar 2.4	Pengolahan <i>Wastewater Garden</i> dengan limbah <i>Septic tank</i> ..	25
Gambar 2.5	Mekanisme penguraian bahan organik pada <i>constructed wetland</i>	27
Gambar 2.6	Siklus Pertumbuhan Bakteri <i>heterotroph</i> dan <i>autotroph</i>	34
Gambar 2.7	Daur phospat dalam ekosistem.....	49
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	61
Gambar 3.2	Reaktor tampak samping dan tampak atas.....	63
Gambar 3.3	Outlet kontrol dan outlet uji.....	67
Gambar 4.1	Konsentrasi <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	71
Gambar 4.2	Efisiensi <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	72
Gambar 4.3	Konsentrasi <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	78
Gambar 4.4	Efisiensi <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	79
Gambar 4.5	Konsentrasi Phospat Total.....	83
Gambar 4.6	Efisinsi Phospat Total.....	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi dan Efisiensi

Lampiran B. Analisa Data Kuantitatif Tanaman

Lampiran C. Analisa Laboratorium COD, TSS, Phospat Total.

Lampiran D. Hasil Statistik

Lampiran E. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun
2003

Lampiran F. Dokumentasi

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1.Lokasi penelitian

Lokasi pengambilan sampel bertempat di jalan Rajawali I no.12 RT 08 RW 05, Manukan, Condongcatur, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Air limbah diambil dari septic tank Mataram Citra Sembada Catering, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Proses berjalannya reaktor dilakukan di jalan Rajawali I no.12 RT 08 RW 05, Manukan, Condongcatur, Yogyakarta.. Lokasi Penelitian dilaksanakan di laboratorium kualitas air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII .

3.2.Obyek Penelitian

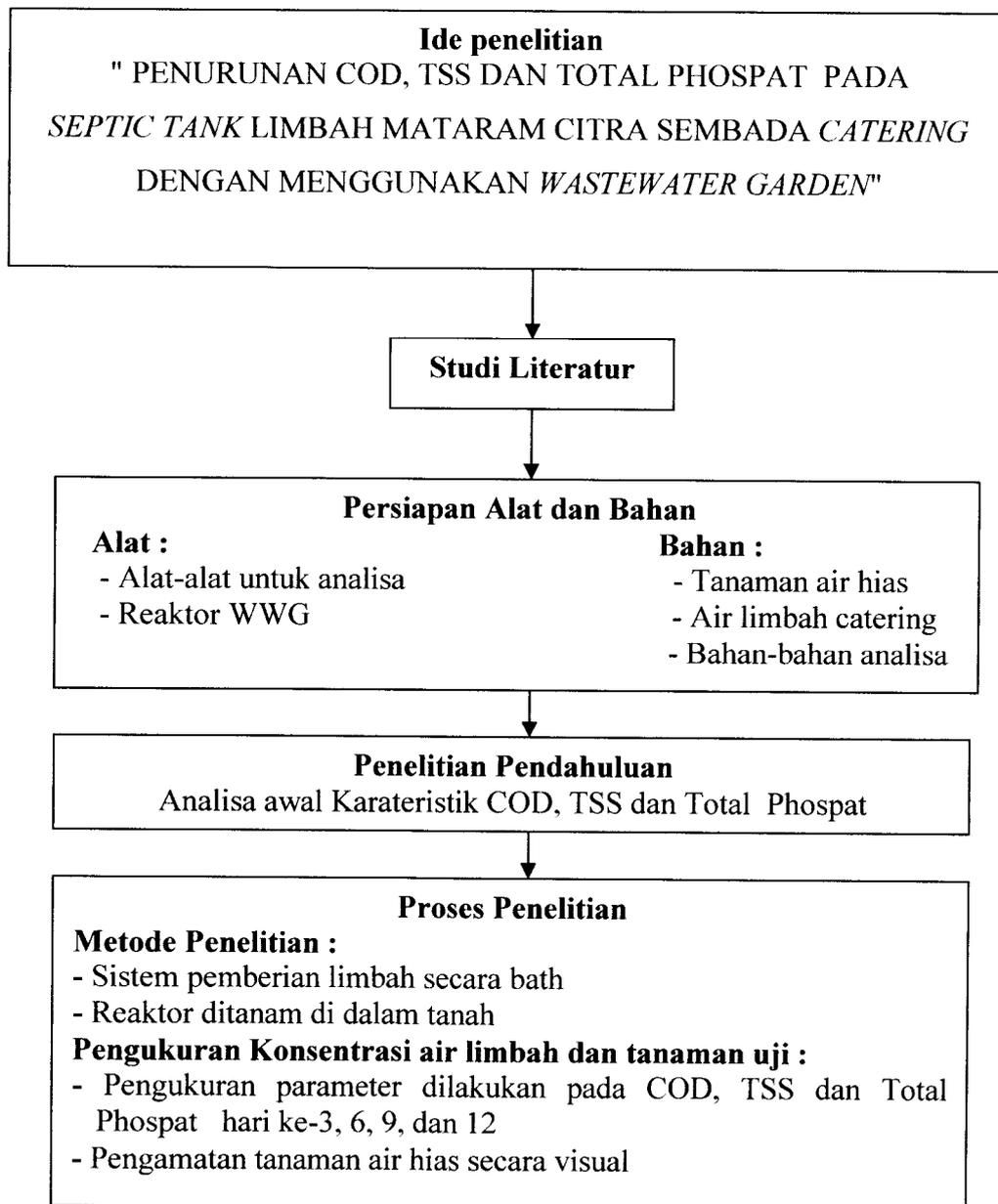
Obyek penelitian adalah mengetahui konsentrasi COD, TSS dan Total Phospat yang terkandung dalam limbah septic tank industri catering, khususnya Mataram Citra Sembada Catering.

3.3. Waktu penelitian.

Waktu penelitian dilakukan selama 6 bulan, yaitu dimulai dari bulan September 2006 sampai dengan bulan Febuari 2007, yang terdiri dari persiapan penelitian, penanaman tanaman pada reactor, pengambilan sample air limbah, pemeriksaan di laboratorium, analisa data serta penyusunan laporan akhir.

3.4. Kerangka Penelitian.

Untuk mendapatkan data-data dalam penelitian ini, maka dilakukan tahapan-tahapan. Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.

3.5. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Variabel bebas yaitu waktu detensi dan debit.
2. Variabel terikat yaitu kualitas parameter COD, TSS dan Phospat Total air limbah *Septic tank* limbah Industri restoran (*catering*) , khususnya Mataram Citra Sembada *Catering*.

3.6. Reaktor *Wastewater Garden*

3.6.1. Desain *Wastewater Garden*

Pembuatan reaktor *batch wastewater garden* yang digunakan dalam penelitian, meliputi :

- a. Tanaman dalam reaktor
- b. Media kerikil

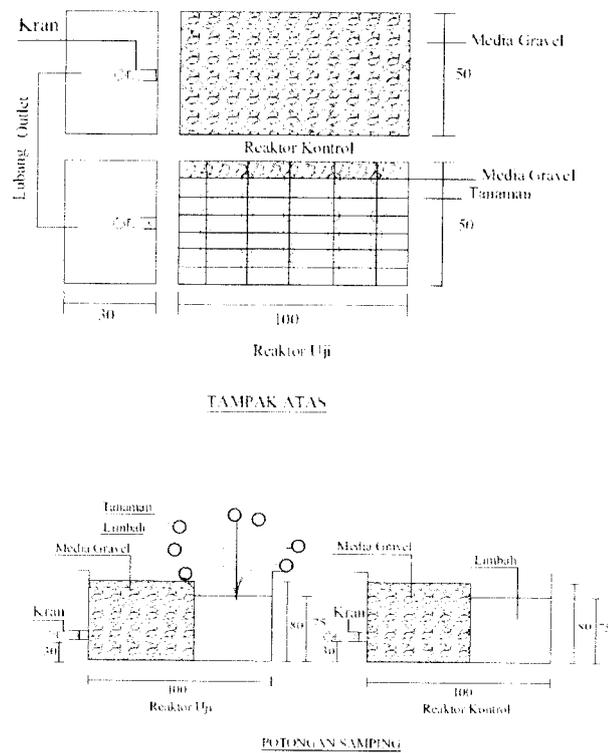
3.6.2. Dimensi reaktor

Adapun perhitungan dimensi raktor *batch wastewater garden* adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Perhitungan Dimensi Reaktor *Batch Wastewater Garden*

Dimensi	Simbol	Hasil Perhitungan	Satuan	Persamaan yang digunakan
Waktu detensi	td		hr	
Kemiringan	s		m/m	
Ketinggian air	d	0.75	m	
Tebal substrat	h	0.80	m	
Freeboard	fb	0.30	m	
Debit	Q		L	
Volume basah	Vb	0.375	m ³	
Luas area	A	0.5	m ²	Vb/d
Lebar : Panjang	W : L			
Lebar	W	0.50	m	A = L x W
Panjang	L	1	m	2 x W
Volume reactor	Vr	0.925	m ³	A x (d + h + fb)

(Sumber : Hasil perhitungan)



Gambar 3.2 Reaktor tampak samping dan tampak atas

3.6.3. Pembuatan Reaktor Wastewater Garden

Pembuatan reactor menggunakan alat dan bahan sebagai berikut :

1. Alat

Alat-alat yang dipergunakan meliputi :

- | | |
|--------------------|-----------------------------|
| a. Kayu penyangga | f. Pipa |
| b. Palu | g. Kran |
| c. Paku | h. Gergaji |
| d. Lem Paralon | i. Cangkul |
| e. Isolasi paralon | j. Sock Grat / Sambung pipa |

2. Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan meliputi :

- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| a. Kerikil. | e. Seng plastik |
| b. Plastik kedap air. | f. Terpal kedap air. |
| c. Bambu | g. Tanaman-tanaman air. |
| d. Triplek | h. Limbah <i>septic tank</i> |

3.7.Tahap Penelitian.

3.7.1 Persiapan penelitian.

Persiapan penelitian meliputi pembuatan reactor dan persiapan tanaman-tanaman air yang akan digunakan.

a. Pembuatan reaktor

Reaktor ditanam didalam tanah dan untuk menghindari air hujan maka reactor diberi atap dari seng plastik. Cara kerja pembuatan reactor adalah sebagai berikut :

1. Persiapan rumah tanaman, berfungsi untuk menghindari masuknya air hujan dan juga mengurangi intensitas cahaya matahari secara langsung.
2. Reaktor yang digunakan dalam penelitian berjumlah 2 buah, terdiri dari :
 - a. Reaktor uji, dialiri air limbah dengan konsentrasi 100 %, diberikan media kerikil serta ditanami dengan tanaman-tanaman air.

- b. Reaktor kontrol, dialiri air limbah dengan konsentrasi 100 %, diberikan media kerikil dan tidak ditanami tanaman-tanaman air.
3. Untuk pembuatan reactor didalam tanah, dilakukan penggalian tanah dengan ukuran 1 m x 0,5 m x 1 m.
 4. Sebelum dilapisi dengan terpal kedap air, dibuat kerangka reactor berbahan triplek dengan ukuran 1 m x 0,5 m x 1 m. Pembuatan kerangka reactor ini bertujuan agar terhindar dari hewan-hewan yang ada di dalam tanah dan batua-batuan yang dapat merusak dan merobek lapisan kedap air (terpal dan plastik). Dibuat pula lubang *effluent* dengan diameter $\frac{1}{2}$ inchi dan dengan jarak 30 cm dari bagian dasar kerangka. Pembuatan lubang effluent dengan jarak 30 cm ini bertujuan agar pengambilan sample dapat tetap dilakukan selama 12 hari, walaupun terjadi evaporation yang tinggi.
 5. Reaktor dilapisi dengan terpal kedap air dan untuk mengurangi resiko kebocoran, reaktor dilapisi lagi dengan plastik kedap air.
 6. Agar terhindar dari masuknya air hujan kedalam reaktor, maka disekeliling reaktor dibuat parit.
- b. Persiapan tanaman

Tanaman yang dipergunakan adalah tanaman-tanaman air. Tanaman-tanaman tersebut tidak dipengaruhi oleh umur tanaman, disebabkan bahwa pada penelitian ini tidak dilakukan penanaman dari awal, sehingga tidak diketahui jelas berapa umur tanaman-tanaman air

yang dipergunakan. Tanaman-tanaman yang dipergunakan meliputi melati air, pickerel rush, cattail, futoi, pisang-pisangan dan cyperus papyrus. Masing-masing tanaman berjumlah 6 buah sehingga jumlah tanaman keseluruhan yang akan dipergunakan adalah 30 buah. Tanaman-tanaman tersebut akan ditanam didalam reaktor dengan jarak 15 cm x 8 cm.

3.7.2 Pelaksanaan Penelitian.

Setelah reaktor telah terpasang dan tidak lagi terdapat kebocoran, maka selanjutnya dapat melaksanakan penelitian.

1. Reaktor yang telah terpasang, diisi dengan media kerikil hingga setengahnya.
2. Limbah yang berasal dari *septic tank* Mataram Citra Sembada Catering diambil dengan ember (ditimba) dan dimasukkan ke dalam jerigen menggunakan corong.
3. Air limbah domestik yang berasal dari septic tank, dimasukkan kedalam masing-masing reaktor.
4. Pengisian air limbah kedalam reaktor dilakukan setinggi 75 cm.
5. Kemudian, reaktor diisi kembali dengan kerikil setinggi 80 cm. Air limbah dipastikan berada di bawah permukaan kerikil.
6. Mengambil sample limbah untuk diperiksa kadar dari parameter COD, TSS dan Phospat total pada inlet dan outlet reaktor.

3.7.3 Proses Sampling.

- A. Proses ini dilakukan dari hari ke-0 hingga 12 hari kemudian.
- B. Sebelumnya dilakukan pemeriksaan awal pada limbah cair septic tank parameter COD, TSS dan Phospat total.
- C. Selama 12 hari setiap 3 hari sekali, yaitu pada hari ke-0 , 3 , 6 , 9 dan 12, dilakukan pengambilan sampel untuk pemeriksaan konsentrasi COD, TSS dan Phospat total
- D. Sampel diambil dari 2 titik yaitu outlet reactor uji dan outlet reaktor kontrol. Titik sampling yang diambil dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.3. Outlet reactor kontrol (sebelah kiri) dan reaktor uji (sebelah kanan)

3.8. Analisa Kualitas air Limbah

Effluent hasil pengolahan dianalisa di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII Yogyakarta menggunakan SNI 1991 - Standar 2 Metode Pengujian Kualitas Fisika air SK SNI M-03-1990-F untuk TSS dan metode Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri SNI 06-6989.2-2004 untuk

COD. Metode pengujian dengan alat spektrofotometer secara Asam Askorbat SK SNI M=52-1990-03 untuk Phospat (PO₄) dalam air sampel.

3.9 Analisa data.

Setelah dilakukan pemeriksaan parameter maka untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar *Chemical Oxigen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) maka dihitung efisiensinya dengan membandingkan influent dan effluent dan dinyatakan dalam persen.

Perhitungan efisiensi :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

E = Efisiensi

C₁ = Kadar COD, TSS dan *Phospat total* sebelum *treatment*

C₂ = Kadar COD, TSS dan *Phospat Total* sesudah *treatment*

Setelah itu, data yang telah diperoleh akan diolah dengan uji statistik. Dari penelitian ini tergolong analisis lebih dari dua variabel sehingga menggunakan *Uniavariate Analisis of Variance* (UNIANOVA), dengan tingkat signifikansi (α) = 0,05 menggunakan software SPSS 10 ; yang diawali dengan *Test Between-Subjects Factors* dengan tujuan untuk melihat jumlah data antara 2 faktor.

Untuk *Test Between-Subjects Factors*, digunakan hipotesa :

H₀ = Tidak ada pengaruh waktu detensi/media terhadap perubahan konsentrasi yang diuji.

H_1 = Ada pengaruh waktu detensi atau media terhadap perubahan konsentrasi yang diuji.

Dengan dasar pengambilan keputusan :

- $\alpha > 0,05$, maka H_0 diterima.
- $\alpha < 0,05$, maka H_0 ditolak.

3.10 Analisa Pertumbuhan tanaman.

Pada tanaman juga dilakukan pengamatan, pengamatan dilakukan secara visual terhadap tanaman uji yang meliputi tingkat pertumbuhan (panjang daun, lebar daun, tinggi tanaman dan banyaknya daun). Hasil pengamatan ini hanya dipergunakan sebagai data pendukung. Sedangkan, pengamatan sesungguhnya adalah pengamatan terhadap tingkat efisiensi dari sistem yang dipergunakan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui penurunan konsentrasi COD, TSS, dan Phospat total pada limbah cair *septictank* Citra Sembada *Catering* dengan *wastewater garden* menggunakan 6 jenis tanaman air (Melati air (*Echinodorus paleaflius*), Cyperus (*Cyperus*), Futoi (*Hippochaetes lymnenalis*), Pisang air (*Typhonodorum indleyanum*), Pickerel rush (*Pontedoria cordata*), *Cattail* (*Typha latifolia*).

Penelitian diawali dengan membuat reaktor yang ditanam di dalam tanah yang berukuran 1m x 0,5 m x 1 m yang dilapisin dengan triplek serta terpal dan plastik, yang bertujuan supaya kedap air. Reaktor terdiri dari 2 buah, yang terdiri dari 1 reaktor uji dan reaktor kontrol. Dalam reaktor uji terdapat 30 buah tanaman air, yang tiap jenis tanaman terdapat 5 buah dalam reaktor dengan jarak tanam 15 cm x 8 cm. Zona air limbah 75 cm, zona substrat atau krikil 80 c, akar tanaman yang ditanam sedalam 10-15cm. Tanaman air setelah dibeli, kemudian dibuka polybag dan tanah dalam polybag dibuang sehingga hanya akar tanaman yang langsung di tanam di dalam reaktor uji. Setiap 3 hari sekali, air limbah diambil untuk dianalisis di laboratorium kualitas air.

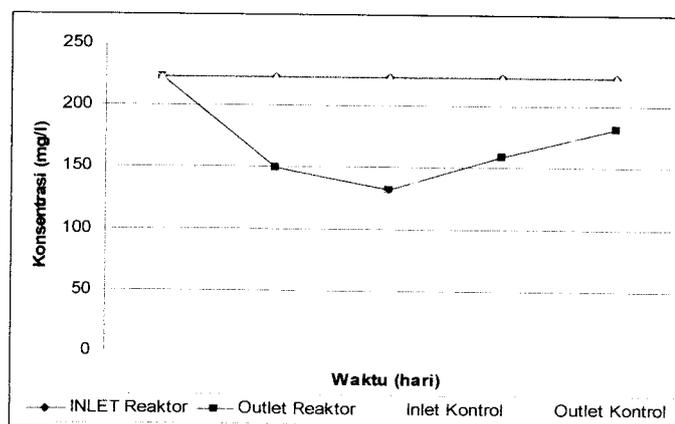
4.1. Analisa Kualitas Limbah Cair.

4.1.1 *Chemical Oxygen Demand (COD).*

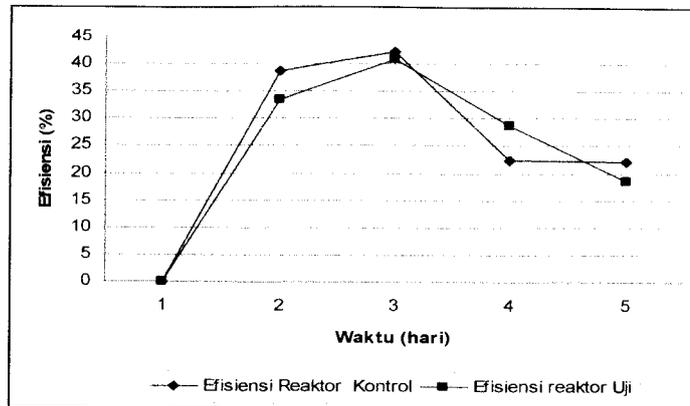
Menurut *Metcalf and Eddy (1991)*. COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air,

sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia. Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi, dihitung dengan menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media asam. Pengukuran nilai COD sangat diperlukan untuk mengukur bahan organik pada air buangan industri dan domestik yang mengandung senyawa atau unsur yang beracun bagi mikroorganismenya. Di bawah ini dapat dilihat konsentrasi COD masing-masing reaktor.

Pengujian parameter COD dilakukan selama 12 hari dimana sample diambil tiap 3 hari sekali. Pada pengujian parameter COD yang dilakukan pada air limbah *septictank* yang telah melalui pengolahan menggunakan reaktor *wastewater garden* dan reaktor kontrol. Rata-rata perubahan tersebut adalah terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi COD, yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar. 4.1 Konsentrasi *Cemical Oxygen Demand* (COD)



Gambar. 4.2 Efisiensi Cemical Oxygen Demand (COD)

Konsentrasi COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organis yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Dari Gambar 4.1 di atas, dapat terlihat penurunan konsentrasi COD dalam reaktor uji dan reaktor kontrol. Konsentrasi COD terjadi penurunan pada hari ke 3 sebesar 33,286 % dengan konsentrasi awal (C_0) 233,133 mg/l menjadi 148,862 mg/l. Pada hari ke 6 sebesar 40,809 % dengan konsentrasi awal (C_0) 223,133 mg/l menjadi 132,075 mg/l.

Tanaman air ini akan menyerap nutrisi yang terdapat dalam air limbah tersebut. Pada waktu yang sama dengan oksigen dan mikroba yang terdapat dalam sistem *Wastewater Gardens* menghilangkan bakteri patogen yang terdapat dalam air limbah yang tidak diolah. Waktu 5 hari, air yang keluar dari sistem *Wastewater Gardens* dapat dimanfaatkan untuk mengairi taman atau kebun. Limbah dari kamar mandi dan cucian dapat langsung dialirkan ke bak penampung berisi kerikil yang diatas ditumbuhi dengan berbagai jenis tanaman, sehingga dapat langsung mengairi taman

tersebut,(Anonim 2007). Tanaman dapat mempunyai pengaruh yang sangat penting terhadap kandungan oksigen terlarut melalui fotosintesis dan pernapasan, (Connell W Des, Miller. J Gregory, 1995)

Penurunan konsentrasi COD di dalam *wastewater garden (WWG)* terjadi karena adanya mikroorganisme yang tumbuh, tanaman yang ada dalam sistem tersebut dan jumlah kandungan oksigen yang terdapat dalam WWG yang digunakan untuk menguraikan bahan-bahan anorganik dan organik. Suplai oksigen dalam WWG terjadi melalui adanya proses fotosintesis tanaman, alga dan mikroorganisme yang terdapat di permukaan air ataupun di dalam air limbah dan tanaman. Proses penguraian bahan organik terjadi secara anaerob dan aerob, pada bagian perakaran terjadi proses aerob.

Proses Fotosintesis

Sinar matahari



Dalam menguraikan bahan organik diperlukan suatu kerja sama antara mikroorganisme dengan tanaman. Tanaman memerlukan karbon dioksida dan air yang dihasilkan dari respirasi mikroorganisme untuk proses fotosintesis. Sebaliknya mikroorganisme memerlukan karbohidrat dan oksigen dari hasil fotosintesis untuk menguraikan bahan organik yang masih tersisa. Hubungan simbiosis mutualisme antara mikroorganisme dengan tanaman berlangsung dalam *wastewater garden*.

Penurunan pada reaktor uji terjadi karena penguraian bahan organik oleh bakteri *rhizosphere* yang berada pada akar tanaman kemudian dimanfaatkan tanaman untuk fotosintesis. Fungsi tanaman dalam reaktor uji adalah tanaman dapat menjadi tempat melekatnya bakteri terutama pada bagian akar, tanaman juga dapat mentransfer oksigen yang dihasilkan dari fotosintesis yang terjadi dibagian daun ke akar, tanaman juga dapat mencegah terjadinya pertumbuhan alga yang pesat, dan tanaman juga dapat memperlambat aliran air sehingga proses sedimentasi. Tanaman *hydrophyte* ini mampu mengisap oksigen dari udara melalui daun, akar dan rhizomenya yang kemudian dilepaskan kembali pada daerah sekitar perakaran (*rhizosphere*). Hal ini karena jenis tanaman air seperti *hydrophyte* mempunyai ruang antar sel atau lubang saluran udara (*aerenchyma*) sebagai alat transportasi oksigen dari atmosphere ke bagian perakaran.

Menurut beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Indonesia *Wetland Ecosystem Team* (I-WET) dan banyak diterapkan di Propinsi Bali khususnya, menunjukkan bahwa sistem ini dalam menurunkan kadar zat pencemar air limbah cukup tinggi. Sistem ini dapat menurunkan kadar COD (86-96%). Penelitian ini dapat menurunkan COD sebesar 40,809 % pada hari ke 6, tetapi efisiensinya tidak sebesar penelitian yang telah banyak diterapkan di Propinsi Bali. Hal ini dikarenakan jarak tanam yang renggang yaitu 15 cm x 8 cm dan umur tanaman yang diabaikan, sehingga sebagian akar tanaman masih belum

optimal untuk digunakan dalam reaktor ini. Jenis tanaman yang digunakan tidak sebanyak pada penelitian yang dilakukan oleh Indonesia *Wetland Ecosystem Team* (I-WET).

Dari Gambar 4.1 di atas dapat dilihat, peningkatan outlet hari ke 9 dan ke 12 tetapi tidak melebihi konsentrasi nilai inlet. Konsentrasi COD meningkat menunjukkan bahan organik yang terkandung didalamnya juga meningkat, berarti oksigen yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik tersebut juga meningkat, mengakibatkan kandungan DO (*Dissolved Oksigen*) turun, hal ini sesuai dengan data hasil Laboratorium yang diuji oleh saudara Diah, mengalami penurunan pada hari ke 9 dan 12. Tanaman dalam WWG mati 1 jenis dan 1 pohon pada hari ke 9 tanaman sudah mulai layu dan pada hari ke 12 tanaman (melati air) mati, dan hal tersebut juga dapat menyebabkan bertambahnya kandungan bahan organik yang berakibat meningkat pula konsentrasi COD dalam, WWG. Mikroorganisme atau bakteri tumbuh secara pesat untuk menguraikan bahan organik air limbah dan oksigen yang berasal dari akar tanaman tidak mencukupi keperluan mikroorganisme yang semakin meningkat. dikarenakan tumbuh pesatnya bakteri dan makanan yang dibutuhkan oleh bakteri tidak seimbang dengan jumlah bakteri yang semakin meningkat. Kematian mikroorganisme atau bakteri dapat pula dikarenakan akar tanaman yang masih belum panjang untuk dapat menembus atau memberikan oksigen melalui akar tanaman, yang dapat meningkatkan konsentrasi nilai COD.

Pertumbuhan alga dalam waktu 24 jam akan berkembang dengan jumlah ketersediaan fosfat yang berlebih dalam air. Hal ini mengakibatkan keberadaan oksigen menjadi berkurang karena proses respirasi oleh alga dan bakteri yang menggunakan oksigen untuk mendegradasi bahan organik. Proses respirasi yang terjadi adalah sebagai berikut



Karbondioksida meningkat menyebabkan COD meningkat. Selain itu juga terjadinya kompetisi antar mikroorganisme dalam mendapatkan oksigen mengakibatkan mikroorganisme yang tidak mendapatkan oksigen akan mati. Hal ini juga mempengaruhi terhadap peningkatan COD.

Bakteri diperlukan untuk menguraikan bahan organik yang ada di dalam air limbah. Oleh karena itu diperlukan bakteri yang cukup untuk menguraikan bahan-bahan tersebut. Bakteri itu sendiri akan berkembang biak apabila jumlah makanan yang terkandung didalamnya tersedia, sehingga pertumbuhan bakteri dapat dipertahankan secara konstan. (Sugiharto, 1987). Alga dan bakteri yang tumbuh pesat merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan peningkatan bahan organik dalam limbah cair.

Penurunan pada reaktor kontrol terjadi karena adanya bakteri pengurai sehingga terjadi penguraian bahan organik dalam limbah yang melekat pada media krikil. Pertumbuhan melekat merupakan proses pengolahan secara biologi, dimana pertumbuhan melekat dapat membentuk lapisan film untuk melekatkan mikroorganisme sehingga dapat

tumbuh di atas media pendukung. Bahkan dalam keadaan hangat pertumbuhan mikroba berlangsung cepat. Penurunan COD dalam reaktor kontrol dapat pula terjadi melalui proses filtrasi dan dengan bantuan mikroorganisme dalam mentransformasikan bahan organik dan anorganik menjadi nutrisi dan energi.

Tabel 4.1 Hasil Test of between – Subject Effects.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: COD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10361.654	5	2072.331	42.073	.001
Intercept	281179.574	1	281179.574	5708.540	.000
MEDIA	17.495	1	17.495	.355	.583
WAKTU	10344.159	4	2586.040	52.502	.001
Error	197.024	4	49.256		
Total	291738.252	10			
Corrected Total	10558.678	9			

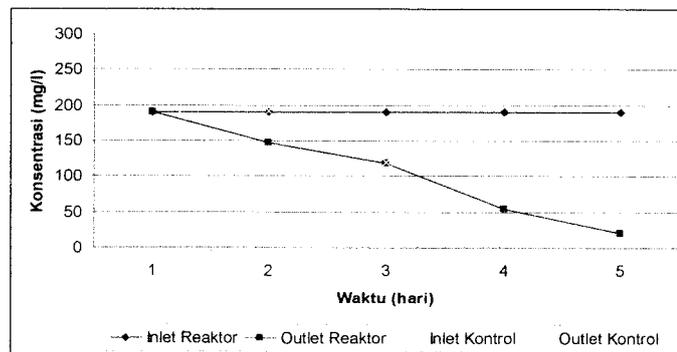
a. R Squared = .981 (Adjusted R Squared = .958)

Hasil Test of Between – Subject Effects di atas, diperoleh F hitung 52,502 dengan probabilitas 0,001. Dari probabilitas < 0,05 maka H_0 ditolak yaitu berarti waktu detensi mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD. Penurunan konsentrasi COD dapat terjadi secara optimal dengan waktu detensi yang cukup, bahan organik yang terdapat dalam limbah cair mengalir melewati partikel-partikel krikil dengan waktu detensi yang cukup sehingga akan memberikan kesempatan yang lebih lama antara mikroorganisme, oksigen yang dilepaskan tanaman dan air limbah. Dari Tabel 4.1, diperoleh F hitung 0,355 dengan probabilitas 0,583. Dari

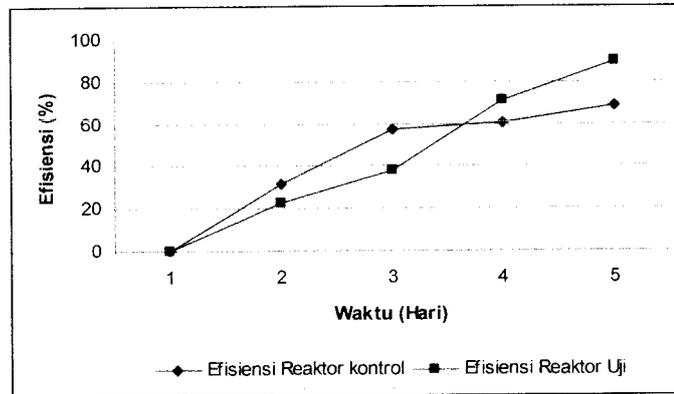
probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima yaitu berarti media tidak mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD.

4.1.2 Penurunan Konsentrasi TSS.

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah Jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikro (Sugiharto, 1987). TSS adalah zat padat tersuspensi yang dapat dikelompokkan menjadi zat padat terapung dan zat padat terendap. Zat padat terapung ini selalu bersifat organik, sedangkan zat padat terendap dapat bersifat organik dan anorganik. Analisa zat padat tersuspensi dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang limbah cair.



Gambar. 4.3 Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) .



Gambar. 4.4 Efisiensi *Total Suspended Solid* (TSS).

Gambar 4.3 di atas terlihat penurunan konsentrasi padatan tersuspensi yang nyata. Pada reaktor uji hari ke 3 terjadi penurunan sebesar 22,811 % dari konsentrasi awal TSS (C_0) 190 mg/l menjadi 146,66 mg/l. Hari ke 6 terjadi penurunan sebesar 37,895 % dengan konsentrasi awal (C_0) 190 mg/l menjadi 118 mg/l. Pada hari ke 9 terjadi penurunan sebesar 71,316 % dengan konsentrasi awal (C_0) 190 mg/l menjadi 54,4 mg/l. Dan pada hari ke 12 terjadi penurunan sebesar 89,121 % dengan konsentrasi awal (C_0) 190 mg/l menjadi 20,67 mg/l. Pada reaktor kontrol terjadi penurunan konsentrasi TSS sebesar 68,571 % dengan konsentrasi awal (C_0) 280 mg/l menjadi 88 mg/l.

Penurunan TSS pada reaktor uji yang ditanami dengan tanaman air, merupakan proses alami yang terjadi. Proses utama untuk meremoval padatan tersuspensi di dalam *Wastewater garden* dengan proses fisika yaitu: proses filtrasi, sedimentasi, intersepsi dan flokulasi, yang dilakukan oleh akar tanaman. Bahan organik dimanfaatkan untuk proses fotosintesis oleh tanaman dan penguraian oleh bakteri di dalam reaktor, sehingga

dengan berlangsungnya proses fotosintesis dan penguraian maka terjadi proses penurunan konsentrasi padatan tersuspensi

Pengolahan limbah dengan *wastewater garden* memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam media dan tanaman dalam area tersebut. Pengolahan biologis karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman untuk proses *photosintesis*, *photooksida* dan *plant uptake*

Proses untuk removal padatan tersuspensi dalam air limbah proses flokulasi, sedimentasi, dan proses filtrasi atau intersepsi. Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap setelah terbawa oleh air, sedangkan yang lebih ringan akan ikut terbawa oleh air dan tertahan oleh tanaman lalu mengendap. Partikel yang lebih kecil lagi akan terserap pada lapisan biofilm yang menempel pada permukaan media atau akar tanaman di dalam reaktor.

Pada reaktor uji dan reaktor kontrol terjadi penurunan yang konstan. Penurunan konsentrasi TSS yang lebih besar terjadi pada reaktor uji dikarenakan akar tanaman juga dapat meningkatkan proses sedimentasi dan mengurangi mixing pada reaktor Rata – rata penurunan konsentrasi TSS pada reaktor *Wastewater Garden* sebesar 44,23 %.

Penggunaan WWG telah diterapkan di Australia Barat, Derby yaitu Birdwood downs homestead, dengan luas 8 m². Penelitian tersebut menggunakan tanaman pisang-pisangan (*holiconia*), canna lilies, pandanus palm, coconut palm, plaintain, 2 tipe dari elephant ear : papyrus dan

oleandar. WWG dapat menurunkan konsentrasi TSS sebesar 95% (Nelson, M., Ph.d, Dr., Czech, A., Dr, Cattin, F., Thillo, M.V., 2002).

WWG dapat menurunkan konsentrasi TSS sebesar 75%-95%. Penelitian ini dapat menurunkan TSS rata-rata 44,23 %. Efisiensinya terbesar 89,121% terjadi pada hari ke 12. Kualitas limbah sudah memenuhi baku mutu air limbah domestik yaitu 100mg/l.

Pada reaktor kontrol terjadi penurunan karena setiap butiran *gravel* akan didiami beraneka macam mikroba alami, yang efektif dalam pemanfaatan dan perlakuan terhadap air buangan, yang dapat menahan partikel tersuspensi pada setiap porositas *gravel* yang dimiliki

Tabel 4.2 Hasil Test of between – Subject Effects

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TSS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	48102.136	5	9620.427	18.155	.007
Intercept	174327.131	1	174327.131	328.975	.000
MEDIA	6794.885	1	6794.885	12.823	.023
WAKTU	41307.251	4	10326.813	19.488	.007
Error	2119.637	4	529.909		
Total	224548.905	10			
Corrected Total	50221.774	9			

a R Squared = .958 (Adjusted R Squared = .905)

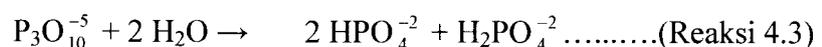
Hasil Test of Between – Subject Effects di atas, diperoleh F hitung 19,488 dengan probabilitas 0,007. Dari probabilitas < 0,05 maka H_0 ditolak yaitu berarti waktu detensi mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi TSS. Penurunan konsentrasi TSS dapat terjadi secara optimal dengan waktu detensi yang cukup. Padatan tersuspensi yang terdapat dalam limbah cair mengalir melewati akar tanaman akan

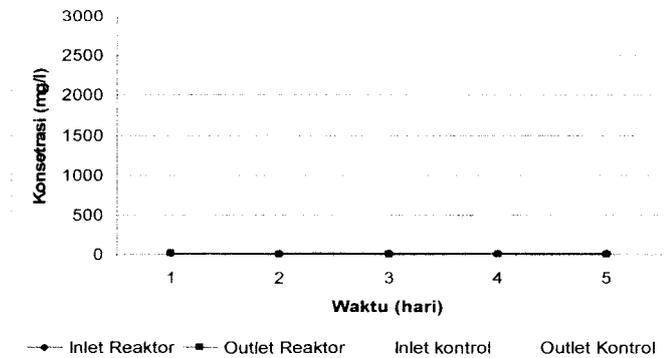
tertahan yang semakin lama semakin berat, pembentukan flok akan sempurna, intersespsi berjalan dengan baik yang akan mengendap di atas partikel-partikel krikil dengan waktu detensi yang cukup sehingga memberikan kesempatan lebih lama antara tanaman, krikil dan air limbah. Dari Tabel 4.2, diperoleh F hitung 12,823 dengan probabilitas 0,023. Dari probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak yaitu berarti media mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi TSS. Bakteri rizosper yang tumbuh pada akar tanaman dan batang tanaman sebagai filtrasi dan dapat membantu dalam pembentukan flok-flok air limbah sehingga proses sedimentasi dapat terjadi secara optimal.

4.1.3 Phospat Total (PO_4).

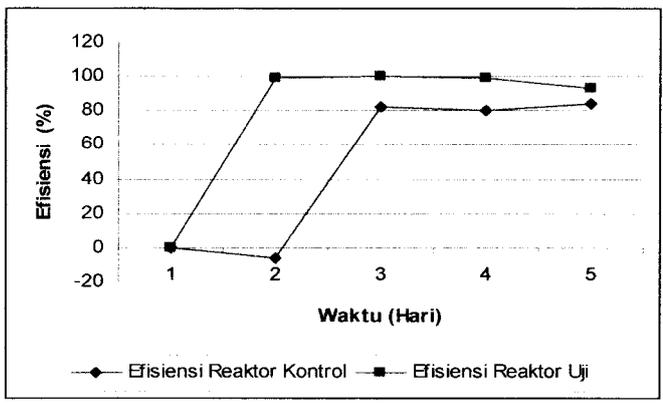
Phosfat ada di dalam air limbah, sebagian dari fosfat pada air limbah masyarakat adalah dalam bentuk anorganik dengan ortofosfat (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$) meningkatkan sebanyak 25% dari seluruh total fosfat. Proses biologis dalam air limbah yang diolah mengubah jenis polifosfat ke dalam ortofosfat, sehingga fosfat pada buangan akhir air limbah terdiri dari 80% ortofosfat. Air limbah yang berasal dari rumah tangga banyak sekali mengandung nitrat dan fosfor, akan tetapi diimbangi dengan kekurangan zat ini pada air limbah yang berasal dari air limbah industri. (sugiharto, 1987).

Reaksinya adalah sebagai berikut :





Gambar 4.5 Konsentrasi Phospat Total



Gambar 4.6 Efisiensi Konsentrasi Phospat Total.

Dari Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 di atas dapat dilihat penurunan konsentrasi phospat pada reaktor uji dan reaktor kontrol, yaitu untuk reaktor uji efisiensi 99,340% pada hari ke 3 dengan konsentrasi awal (Co) 17,435 mg/l menjadi 0,115 mg/l, 99,725 % pada hari ke 6 dengan konsentrasi awal (Co) 17,435 mg/l menjadi 0,048 mg/l. Terjadi peningkatan kadar phospat pada hari ke 9 dan 12 tetapi tidak melebihi konsentrasi inlet. Rata-rata persentase penurunan konsentrasi *Phospat Total* pada reaktor *wastewater garden* sebesar 78,35 %,

Pada penelitian ini reaktor kontrol tidak dapat dijadikan perbandingan untuk reaktor uji, tetapi dapat dilihat bahwa dalam reaktor kontrol juga terjadi penurunan dan hal tersebut dikarenakan jumlah konsentrasi inlet antara reaktor uji dan reaktor kontrol pada hari ke 0 (awal) sangat jauh selisih konsentrasi keduanya, walaupun telah dilakukan pengujian selama 2 kali, tetapi hasil yang didapat sama besarnya dengan hasil uji yang pertama. Dari Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 di atas dapat dilihat reaktor kontrol terjadi penurunan rata-rata konsentrasi fosfat sebesar 48,06 %

Penggunaan WWG telah diterapkan di Australia Barat, Derby yaitu Birdwood downs homestead, dengan luas 8 m². Penelitian tersebut menggunakan tanaman pisang-pisangan (*holiconia*), canna lilies, pandanus palm, coconut palm, plaintain, 2 tipe dari elephant ear : papyrus dan oleandar. WWG dapat menurunkan konsentrasi phosphat total sebesar 30%, dengan konsentrasi awal 10,3 mg/l menjadi 7,3 mg/l (Nelson, M., Ph.d, Dr., Czech, A., Dr, Cattin, F., Thillo, M.V., 2002).

Penelitian ini dapat menurunkan Phospat rata-rata 78,35 %. Efisiensinya terbesar 99,724% terjadi pada hari ke 6, dengan konsentrasi awal (Co) 17,435 mg/l menjadi 0,048 mg/l. Dari penelitian yang telah dilakukan di Bali sebelumnya, bahwa WWG dapat menurunkan konsentrasi Phospat sebesar 70%-90%. hal ini sesuai dengan penelitian saya.

Dari Gambar 4.6 di atas menunjukkan dengan *wastewater garden* memberikan hasil penurunan yang lebih baik jika dibandingkan dengan reaktor kontrol, hal ini disebabkan oleh adanya tanaman dalam reaktor yang akan menyerap kandungan Phospat dalam limbah, karena phospat merupakan salah satu unsur makro yang penting bagi pertumbuhan tanaman dan untuk produktivitas tanaman. Menurut N.S.Subba Rao, 1994, Mikroorganismen dan perakaran tanaman mampu melarutkan phospat dan mengubahnya sehingga dengan mudah menjadi tersedia bagi tanaman. Bakteri pelarut phospat diketahui mereduksi pH substrat .

Senyawa phospat dihasilkan dari degradasi senyawa seperti asam nukleat dan fosfolipid serta dalam bentuk fospat anorganik. Phospat dapat berasal dari pembentuk fospat di dalam detergen, ini dapat siap dihidrolisis untuk menghasilkan orthopospat yang siap diasimilasi tumbuhan (Connel.W des,dkk). Phospat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (effendi Hefni). Orthopospat merupakan bentuk phospat yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman akuatik, sedangkan polifosfat harus mengalami hidrolisis membentuk orthopospat terlebih dahulu, sebelum dapat dimanfaatkan sebagai sumber fosfor.

Proses penurunan Phospat total dapat dilakukan oleh akar tanaman penyerapan unsur hara oleh tumbuhan diawali dengan penguraian bahan organik oleh mikroorganismen rhizosfera yang kemudian diserap oleh akar tanaman dalam jumlah besar. Penyerapan unsur hara sangat diperlukan

untuk melakukan proses fotosintesis, dengan adanya akar tanaman maka suplai oksigen dalam reaktor dapat membantu menurunkan kadar fosfat. Tumbuh-tumbuhan mempunyai banyak sel organisme, dimana tumbuh-tumbuhan mendapatkan makanan melalui proses difusi ke dalam sel. Rizobakteri yaitu bakteri yang hidup di rizosfir tanaman dan mengalami interaksi yang intensif dengan akar tanaman maupun tanah. Fosfat di dalam tanaman mempunyai fungsi sangat penting yaitu dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer dan penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel serta proses-proses di dalam tanaman. Fosfat diserap oleh tanaman melalui proses difusi.

Peningkatan fosfat pada WWG untuk hari ke 9 dan ke 12 dikarenakan pada tanaman *aquatik* sendiri akan mengeluarkan unsur fosfat. Peningkatan hari ke 3 pada reaktor kontrol dikarenakan populasi alga dan gangga. Alga dapat tumbuh pesat karena tersedianya fosfat yang berlebih di dalam air limbah, atau dikarenakan mikroorganisme masih belum stabil dan untuk hari berikutnya terjadi penurunan konsentrasi fosfat pada reaktor kontrol karena mikroorganisme sudah stabil dalam menurunkan konsentrasi fosfat.

Tabel 4.3 Hasil Test of between – Subject Effects

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: PHOSPAT

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9512356.495	5	1902471.299	2.937	.159
Intercept	6958000.498	1	6958000.498	10.743	.031
MEDIA	6895148.351	1	6895148.351	10.646	.031
WAKTU	2617208.144	4	654302.036	1.010	.496
Error	2590622.379	4	647655.595		
Total	19060979.372	10			
Corrected Total	12102978.874	9			

a. R Squared = .786 (Adjusted R Squared = .518)

Hasil Test of Between – Subject Effects di atas, diperoleh F hitung 1,010 dengan probabilitas 0,496. Dari probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima yaitu berarti hari atau waktu detensi tidak mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi Phospat total pada reaktor. Dari Tabel 4.3, diperoleh F hitung 10,646 dengan probabilitas 0,031. Dari probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak yaitu berarti media mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi Phospat total. Semakin banyak tanaman dalam reaktor maka penguraian bahan organik semakin optimal oleh mikroorganisme rhizosfera yang kemudian diserap oleh akar tanaman dalam jumlah besar.

4.2. Analisa Pertumbuhan Tanaman

4.2.1. Analisa kuantitatif (pengukuran)

Hasil pengukuran terhadap tinggi tanaman, lebar daun, panjang daun, banyak daun dan banyak batang dapat dilihat pada lampiran B.

4.2.2. Analisa kualitatif (visual)

Pada reaktor uji (*wastewater garden*) ini terdapat 6 jenis tanaman air yang dipergunakan yaitu melati air, cyperus, pisang air, pickerel rush, cattail dan futoi. Secara kualitatif analisa pertumbuhan tanaman dapat dilihat dari keadaan daun dan batangnya, baik itu berupa penambahan luas daun (panjang dan lebar), penambahan tinggi batang dan kondisi batang dan daun.

4.2.2.1 Kondisi pertumbuhan daun tanaman dalam reaktor *wastewater garden*

Dari ke-6 jenis tanaman yang dipergunakan, yang memiliki daun hanya 3 jenis tanaman saja yaitu pisang air, melati air dan pickerel rush. Kondisi pertumbuhan daun pada tanaman yang berada di reaktor *wastewater garden* adalah sebagai berikut :

➤ Hari ke-0

Kondisi daun pada hari ke-0 masih normal. Daunnya tampak segar, hijau dan sehat.

➤ Hari ke-3

Kondisi daun pada hari ke-3 masih segar, hijau dan sehat. Ukuran daun yang terdiri dari panjang dan lebar daun, mengalami penambahan yang dapat dilihat pada tabel 4.7. Hal ini disebabkan tanaman mendapatkan nutrisi dari limbah *septic tank*, yang banyak mengandung unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman.

➤ Hari ke-6

Kondisi daun pada hari ke-6 masih segar, hijau dan sehat. Ukuran daun yang terdiri dari panjang dan lebar daun, mengalami penambahan dari hari ke-3, yang dapat dilihat pada tabel 4.7. Hanya saja, pada daun melati air terserang hama ulat, yang mengakibatkan daunnya berlubang.

➤ Hari ke-9

Kondisi daun pada hari ke-9 rata-rata masih segar, hijau dan sehat. Ukuran daun yang terdiri dari panjang dan lebar daun, mengalami penambahan dari ukuran hari ke-6, yang dapat dilihat pada tabel 4.7. Salah satu dari kelima tanaman melati air yang dipergunakan pada reaktor, daunnya terlihat layu. Tanaman melati air tersebut memiliki 5 buah daun, dengan 2 buah daunnya terlihat layu dan berwarna kecoklatan. Sedangkan 3 buah daunnya yang lain masih tampak berwarna hijau. Hal ini kemungkinan disebabkan cara penanaman yang salah dan kurang mendapat nutrisi. Tanaman yang berdaun layu tersebut memiliki fisik yang lebih kecil dan akar yang lebih pendek, dan terganggunya proses penyerapan unsur hara yang disebabkan batang dan akar tanaman tertimbun banyak kerikil. Selain itu, daun melati air yang terserang hama ulat pada hari ke-6, terlihat memiliki lubang semakin banyak.

➤ Hari ke-12

Kondisi daun pada hari ke-9 rata-rata masih segar, hijau dan sehat. Satu batang melati air yang daunnya terlihat layu dan berwarna kecoklatan pada hari ke-9, akhirnya mati . Selain itu, daun melati air yang terserang hama ulat pada hari ke-6, terlihat memiliki lubang semakin banyak.

4.2.2.2. Kondisi pertumbuhan batang tanaman dalam reaktor *wastewater garden*

Kondisi pertumbuhan batang pada tanaman yang berada di reaktor *wastewater garden* adalah sebagai berikut :

➤ Hari ke-0

Kondisi batang pada hari ke-0 masih normal. Batangnya tampak segar, hijau dan sehat.

➤ Hari ke-3

Kondisi batang pada hari ke-3 masih tampak segar, hijau dan sehat. Terjadi penambahan tinggi pada batang tanaman, yang dapat dilihat pada tabel 4.7. Hal ini disebabkan tanaman mendapatkan nutrisi dari limbah *septic tank*, yang banyak mengandung unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman.

➤ Hari ke-6

Kondisi batang pada hari ke-6 rata-rata masih tampak segar, hijau dan sehat. Terjadi penambahan tinggi pada batang tanaman dari ukuran hari ke-3, yang dapat dilihat pada tabel 4.7.

➤ Hari ke-9

Kondisi batang pada hari ke-9 rata-rata masih tampak segar, hijau dan sehat. Terjadi penambahan tinggi pada batang tanaman dari ukuran hari ke-6, yang dapat dilihat pada tabel 4.7. Akan tetapi, salah satu dari kelima tanaman melati air yang dipergunakan pada reaktor, daunnya terlihat kecoklatan. Tanaman melati air tersebut memiliki 5 buah batang, dengan 2 buah batangnya terlihat layu dan berwarna kecoklatan, sedangkan ke-3 batang lainnya masih terlihat hijau. Hal ini kemungkinan disebabkan cara penanaman yang salah dan kurang mendapat nutrisi.

➤ Hari ke-12

Kondisi batang pada hari ke-12 rata-rata masih segar, hijau dan sehat. Satu batang melati air yang daunnya terlihat layu dan berwarna kecoklatan pada hari ke-9, akhirnya mati.

4.3. Kondisi Air Limbah

Kondisi limbah pada reaktor uji dan kontrol adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6. Kondisi Air Limbah pada Reaktor Uji

Hari ke-	Kondisi Air Limbah pada Reaktor Uji		
	Kondisi Air	Bau	Warna
0	Sudah terjadi pembusukan	Berbau menyengat	Putih keruh
3	Terjadi pembusukan	Berbau, tidak menyengat	Putih keruh
6	Terjadi pembusukan	Berbau	Agak bening
9	Terjadi pembusukan	Agak bau	Bening
12	Terjadi pembusukan	Tidak berbau	Bening

Tabel 4.7. Kondisi Air Limbah pada Reaktor Kontrol

Hari ke-	Kondisi Air Limbah pada Reaktor Kontrol		
	Kondisi Air	Bau	Warna
0	Sudah terjadi pembusukan	Berbau menyengat	Putih keruh
3	Terjadi pembusukan	Berbau, tetapi tidak menyengat	Putih keruh
6	Terjadi pembusukan	Berbau	Agak keruh
9	Terjadi pembusukan	Agak bau	Agak bening
12	Terjadi pembusukan	Tidak berbau	Agak bening

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Melihat dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan yang didasarkan pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan limbah dengan menggunakan *Wastewater Garden* dapat menurunkan konsentrasi COD dengan rata-rata persentase penurunan 24,26 %, TSS 44,23% dan Phospat Total 78,35%.
2. Waktu detensi mempengaruhi pengolahan air limbah, karena dengan waktu detensi yang cukup akan memberikan kontak lebih lama antara mikroorganism, oksigen yang dikeluarkan akar tanaman dan air limbah. Waktu detensi yang paling optimum untuk penurunan konsentrasi COD dan phospat total yaitu pada hari ke 6, serta TSS pada hari ke 12.
3. Fenomena yang terjadi di dalam *wastewater garden* dalam menurunkan COD, TSS dan Phospat Total adalah tanaman, mikroorganism dan media gravel berperan dalam mentransfer oksigen yang diperlukan mikroorganism dan penyerap unsur hara yang terkandung dalam limbah, sebagai pengurai limbah dan media filtrasi.

5.1 Saran

Saran yang dapat diberikan guna kesempurnaan penelitian tentang *Wastewater Graden* ini antara lain :

1. Untuk penelitian selanjutnya, dapat melakukan dengan jarak tanaman yang lebih rapat dan menggunakan jenis tanaman air yang lain dari penelitian ini di dalam *Wastewater Garden*.
2. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut tentang kemampuan tanaman-tanaman air yang dapat digunakan di dalam *wastewater garden* untuk menyerap dan menurunkan konsentrasi limbah domestik.
3. Pengambilan air limbah usahakan dilakukan 1 kali saja, karena dengan begitu konsentrasi limbah awal antara reaktor kontrol dan reaktor uji dapat sama.
4. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan sistem continue, dan sumber limbah industri yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts,G. 1984, *Metodologi Penelitian Air*, Usaha Nasional Indonesia, hal. 159- 174, 216-223.
- Amsyari, F. 1997, *Prinsip-prinsip Masalah Pencemaran Lingkungan*, Khalia Indonesia, Jakarta hal 50-52.
- Anonim, 2004, *Holiconia*, Wikipedia, <http://id.wikipedia.org/wiki/Holiconia>
- Anonim, 2006, *Typha*, Wikipedia, <http://id.wikipedia.org/wiki/Typha>
- Anonim,2004,*Enchindorus*,Wikipedia,<http://id.wikipedia.org/wiki/Enchindorus>
- Anonim, 2007, *Hydrocotyle*, <http://id.wikipedia.org/wiki/Hydrocotyle>
- APHA, AWWA, WPCF, 1995, *Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater*, Washington.
- Chatib, B., 1986, *Pengolahan Air Limbah Secara Biologi*, ITB, Bandung.
- Cowardin, 1979, dalam Siswoyo,E,2002.*Pengolahan Air Buangan Domestik (Grey Water) Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha Angustifolia) Dalam Sistem Constructed Wetland*, Jurusan Teknik Lingkungan dan PPLH-UII,Jogjakarta.
- Connell.W Des, dkk, 1995, *Kimia dan Ekotoksikologa pencemaran*, UI-Press
- Djajadiningrat, 1992, *Pengendalian Pencemaran Limbah Industri*, Jurusan Teknik Lingkungan , FTSP ITB, Bandung
- Fardiaz Srikandi,1976, *Polusi Air dan Udara*,Kanisisus.
- Faisal, 2005, *Penurunan Konsentrasi Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Reaktor Constructed Wetland Menggunakan tanaman Enceng Gondok (Eichornia Crassipes)*, Jurusan Teknik Lingkungan

- Gilman, E.F., Meerow, A., 1999, *Heliconia Rostrata*, Fact Sheet FPS-248, University of Florida, Cooperation Extantion Service, Institute of Food and Agriculture Sciences.
- Gopal, B., 1999, *Natural and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment Potencisls and Problem*, dalam Fauzi Arnis.M, 2006, Tugas Akhir, *Tingkat Penyerapan Nitrat dan Fosfat dari Limbah Cair Pabrik Tahu dengan Menggunakan Tanaman Kangkung Air pada Sistem Constructed Wetlands*, Universitas Islam Indonesia, Jurusan Teknik Lingkungan, Yogyakarta.
- Hefni, E, 2003, "*Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*", Kanisius, Yogyakarta
- Jenie Laksmi Sri Betty,dkk,1993, *Penanganan Limbah Industri pangan*, Kanisus, Yogyakarta
- Kadlec, R.H., and R.L. Knight, 1996, *Treatment Wetlands*, dalam Kumalasari. N, 2005 *Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS dan CN Limbah Cair Tapioka dengan Contructed Wetlands Menggunakan Kangkung Air (Ipomoae Aquatica)*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UII, Jogjakarta.
- Kes,Mwaluyo lud.Drs, 2005, *Mikrobiologi Lingkungan*,UMM Press
- Kristanto Philip. Ir,2002, *Ekologi Industri*, Andi Yogyakarta
- Kumala Sari, N, 2005,"*Penurunan Konsentrasi BOD, COD, Tss dan CN limbah Cair Tapioka Dengan Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Kangkung Air (Ipomoea Aquatica)*", Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII
- Merz, S.K., 2000, *Guidelines for Using Free Water Surface Construstec Wetlands to Treat Municipal Sewage*, dalam Kumalasari. N, 2005 *Penurunan Konsentrasi BOD, COD, TSS dan CN Limbah Cair Tapioka dengan Contructed Wetlands*

- Menggunakan Kangkung Air (Ipomoeae Aquatica)*, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-UII, Jogjakarta.
- MetCalf and Eddy., 1991, *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*, McGraw Hill, International Edition, Third Edition.
- Metcalf, and Eddy, 2003, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 4th Edition, McGraw-Hill, New York
- Nelson,M..Ph.d, Dr, dkk, 2002, *Wastewater Garden (WWG) An Effective, Ecological and Low-Cost Solution for Sewage and Wastewater Treatment In Communities, Businesses, Hotels, Schools and Home*, <http://www.environmentaltechnologycentre.com.au>
- Nelson, M.,Ph.d, Tredwell, R., Dr., Czech, Gove, D., Made, S., A., Dr, Cattin, F., 2006, *Worldwide Applications of Wastewater Gardens and Ecoscaping: Decentralised Systems which Transform Sewage from Problem to Productive, Sustainable Resource*, Paper for International Conference on Decentralised Water and Wastewater Systems, Environmental Technology Centre, Murdoch University, Fremantle, W.A.
- Rao subba.N.S, 1994, *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*, UI-Press
- Scheper, J, 1998, *Cyperus Papyrus*, <http://www.environmentaltechnologycentre.com.au>
- Siswoyo, E., 2006, Tinjauan Teknis, Hukum dan Lingkungan Pembuangan Limbah Industri Jasa Boga Di Sekitar Badan Air Sungai, Proposal Penelitian.
- SP,Mariato Adi Lukito, 2004,*Merawat & Menata Tanaman Air*,PT AgroMedia Pustaka, Jakarta

Stoicescu, D, 2004, *Wastewater Gardens - A lesson from Indonesia Health and Environmental Problems*, <http://www.waterandwastewater.com/eng/0401040101.htm>_(diakses 10 Desember 2006).

Sugiharto, 1987, *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Suriawira,U,1993, *Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Air Buangan Secara Biologi*, Penerbit ALUMNI, Bandung.

Tjokrokusumo.Krt.Ir,1997, *pengantar Engineering lingkungan*, Yogyakarta.

Vymanzal, 1998, dalam Siswoyo, E., 2002, *Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Untuk Menunjang Pembangunan Berkelanjutan*, PPLH-UII, Yogyakarta

Wood, J.A., 1993, dalam Siswoyo, E., 2002, *Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Untuk Menunjang Pembangunan Berkelanjutan*, PPLH-UII, Yogyakarta.

<http://www.waterandwastewater.com/eng/0401040101.htm>

LAMPIRAN



Data Hasil Pengukuran Konsentrasi
dan Efisiensi

**Tabel 1.1 Efisiensi Konsentrasi COD Septictank Citra Sembada
Catering**

Waktu (Hari)	Reaktor Uji			Reaktor Kontrol		
	Inlet (ppm)	Outlet (ppm)	Efisiensi (%)	Inlet (ppm)	Outlet (ppm)	Efisiensi (%)
0	223.133	223.133	0	222.115	222.115	0
3	223.133	148.862	33.286	222.115	136.145	38.705
6	223.133	132.075	40.809	222.115	128.005	42.370
9	223.133	159.036	28.726	222.115	172.262	22.445
12	223.133	181.928	18.467	222.115	173.28	21.986

(Sumber : Hasil analisa laboratorium)

Waktu (Hari)	Efisiensi (%)	
	Reaktor uji	Reaktor Kontrol
0	0	0
3	33.286	38.705
6	40.809	42.370
9	28.726	22.445
12	18.467	21.986

**Tabel 1.2 Efisiensi Konsentrasi TSS Septictank Citra Sembada
Catering**

Waktu (Hari)	Reaktor Uji			Reaktor Kontrol		
	Inlet (ppm)	Outlet (ppm)	Efisiensi (%)	Inlet (ppm)	Outlet (ppm)	Efisiensi (%)
0	190	190	0	280	280	0
3	190	146.66	22.811	280	192	31.429
6	190	118	37.895	280	120	57.143
9	190	54.5	71.316	280	110.5	60.536
12	190	20.67	89.121	280	88	68.571

(Sumber : Hasil analisa laboratorium)

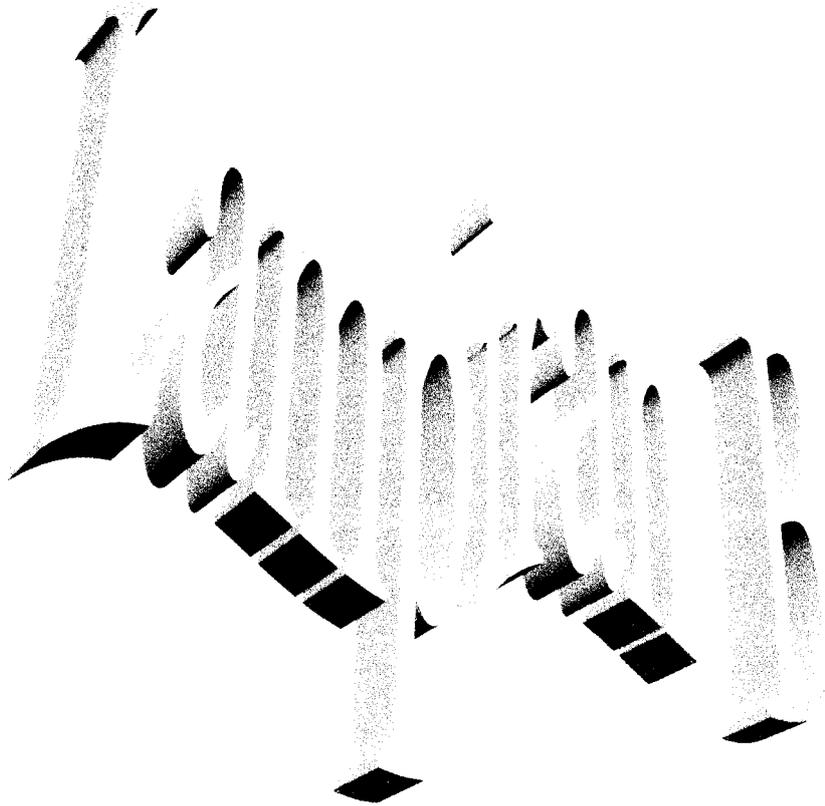
Waktu (Hari)	Efisiensi (%)	
	Reaktor uji	Reaktor Kontrol
0	0	0
3	22.811	31.429
6	37.895	57.143
9	71.316	60.536
12	89.121	68.571

Tabel 1.3 Efisiensi Konsentrasi Phospat Total Septictank Citra Sembada Catering

Waktu (Hari)	Reaktor Uji			Reaktor Kontrol		
	Inlet (ppm)	Outlet (ppm)	Efisiensi (%)	Inlet (ppm)	Outlet (ppm)	Efisiensi (%)
0	17.435	17.435	0	2503.641	2503.641	0
3	17.435	0.115	99.340	2503.641	2663.882	-6.400
6	17.435	0.048	99.725	2503.641	446.961	82.148
9	17.435	0.115	99.340	2503.641	490.317	80.416
12	17.435	1.16	93.347	2503.641	397.617	84.118

(Sumber : Hasil analisa Laboratorium)

Waktu (Hari)	Efisiensi (%)	
	Reaktor uji	Reaktor Kontrol
0	0	0
3	99.340	-6.400
6	99.725	82.148
9	99.340	80.416
12	93.347	84.118



Analisa Data Kuantitatif Tanaman

Hari ke	Nama Tanaman	Tinggi batang					Lebar daun					Panjang daun					Jumlah daun					Jumlah batang					Keterangan	
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		Mati
0	Melati air	30	25.8	16.4	22.7	20.2	9	9	4.5	8	5	11.5	11.5	6	11.5	7	5	6	7	6	4	5	6	7	6	4	0	5
	Pickerel	35	34	40	16.5	25	9	7	9.5	7	6	13	11	15	10	10	5	5	7	4	4	5	5	7	4	4	0	5
	Futoi	81	80	75	81	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	7	4	6	9	0	5
	Cyperus	70	72	66	70	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	7	4	6	9	0	5
	Cattail	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87	115	95	95	105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	5
Pisang air	56	75	33	33	60	14	16	6.8	11	12.5	40	50	25	32	48	5	4	5	4	5	1	1	1	1	1	0	5	
3	Melati air	30.3	26.5	17	23.5	21	9	9	4.7	8	5.7	11.5	11.5	6	11.5	7	4	3	7	7	3	4	3	7	7	3	0	5
	Pickerel	24	27.6	33.5	17.2	25.3	9.2	7	10	7	6	13.4	11	16	8	7	5	5	7	4	4	5	5	7	4	4	0	5
	Futoi	82	81	76	82	71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	7	4	6	6	0	5
	Cyperus	71	73	70	71	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	7	3	5	5	7	4	6	9	0	5
	Cattail	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110	122	118.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	5
Pisang air	56.5	76	34	33.5	61	15	17	7	11	13	41	50.5	27	32.5	48.5	5	4	5	4	5	1	1	1	1	1	0	5	
6	Melati air	31	27	18	24.3	21.7	9	9	4.8	8	5.7	12	11.7	6	11.5	7.3	6	3	3	8	8	6	3	3	8	8	0	5
	Pickerel	24.5	28.4	33.8	17.9	25.7	9.5	7	10	8	6.3	14	11	17.2	12	10	6	5	8	5	4	6	5	8	5	4	0	5
	Futoi	83	82	77	83	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	7	4	7	7	0	5
	Cyperus	72	74	71	72	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	8	5	7	10	0	5
	Cattail	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110	122.5	118.4	117.7	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	5
Pisang air	57	77	35	34	62	15	16	7.3	11	14.3	41.5	54	28	33	49	5	4	5	4	5	1	1	1	1	1	0	5	
9	Melati air	31.7	27.6	18.5	25.8	22.3	9	9	5	8	5.8	12.3	12	6.2	12.4	7.8	6	3	0	8	8	6	3	0	8	8	1	4
	Pickerel	25.7	29.1	34.2	18.6	26.4	9.4	7	9.7	8	6.6	14.7	11.8	17.5	9.2	9.3	6	5	8	5	4	6	5	8	5	4	0	5
	Futoi	84	83	77.5	84	72.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	8	5	8	7	0	5
	Cyperus	72.4	74.4	72	72.2	74.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	8	6	7	11	0	5
	Cattail	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	122.7	118.7	120.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	5
Pisang air	57	77	35	34	62	15	16	7.5	11	14.5	42	54	28	33	49	5	4	5	4	5	1	1	1	1	1	0	5	

Hari Ke	Nama Tanaman	Tinggi batang					Lebar daun					Panjang daun					Jumlah daun					Jumlah batang					Keterangan				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Mati	Hidup			
12	Melati air	32	26	19.1	26	23.5	9	9	5.3	8	8.7	12	11.3	6.5	12.5	8	6	5	0	9	8	6	5	0	9	8			1	4	
	Pickereel	26	29.5	35	19.3	27	9.7	7	10	5	7	15.3	12	18	9.5	9.5	6	5	8	5	5	6	5	8	5	5			0	5	
	Futoi	85	83.5	74	85	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	8	5	8	11			0	5	
	Cyperus	73.1	75	72.8	73	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	9	6	8	11			0	5	
	Cattail	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115	123	119	121	87	11	13	10	7	-	-	-	-	-	-	-			0	5
	Pisang air	57.1	77.2	35	34.1	62.3	14	17	7.4	11	14.5	41	50.5	28	33	51	5	4	5	4	5	1	1	1	1	1			0	5	

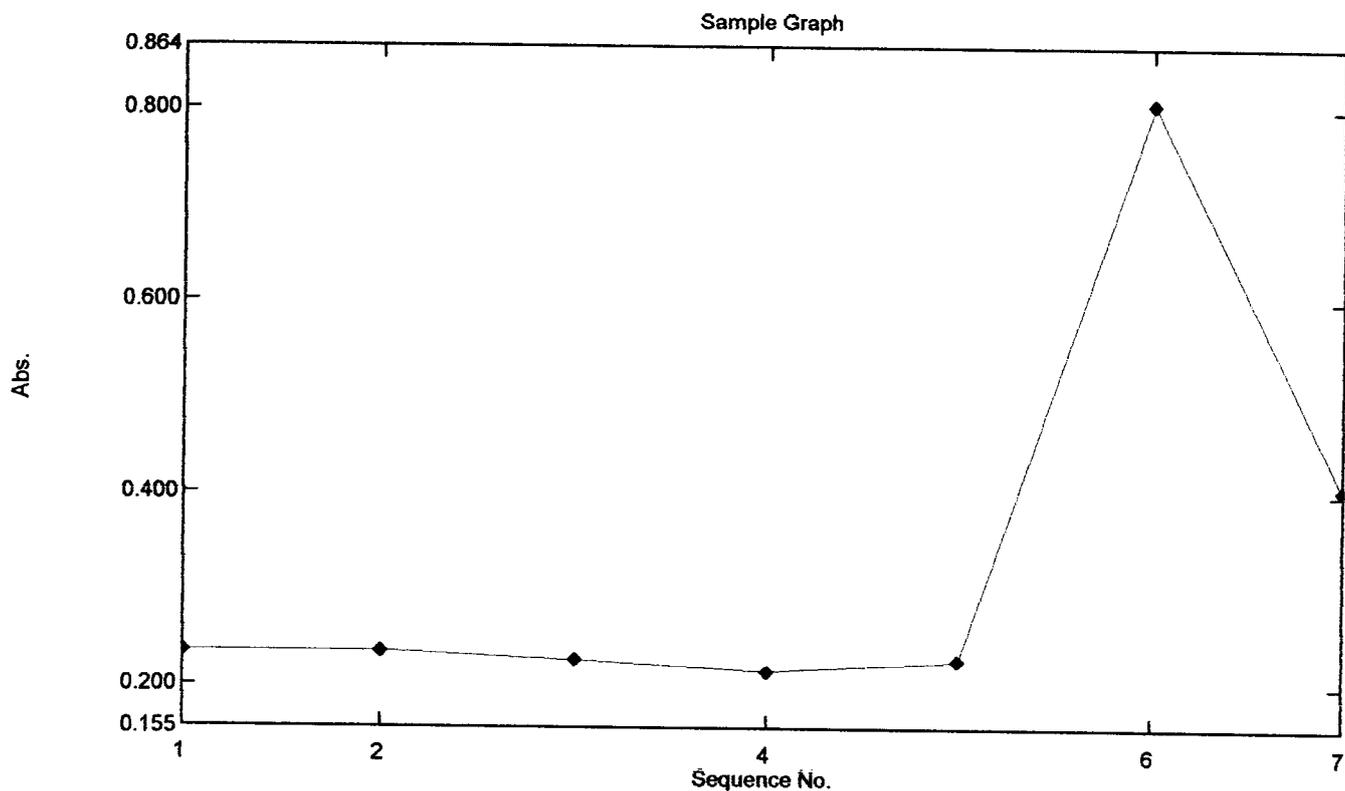


Hasil analisa COD dan Phospat Total.

Sample Table Report

02/08/2007 12:30:08 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Reny Ariyani\Reaktor PO4.pho



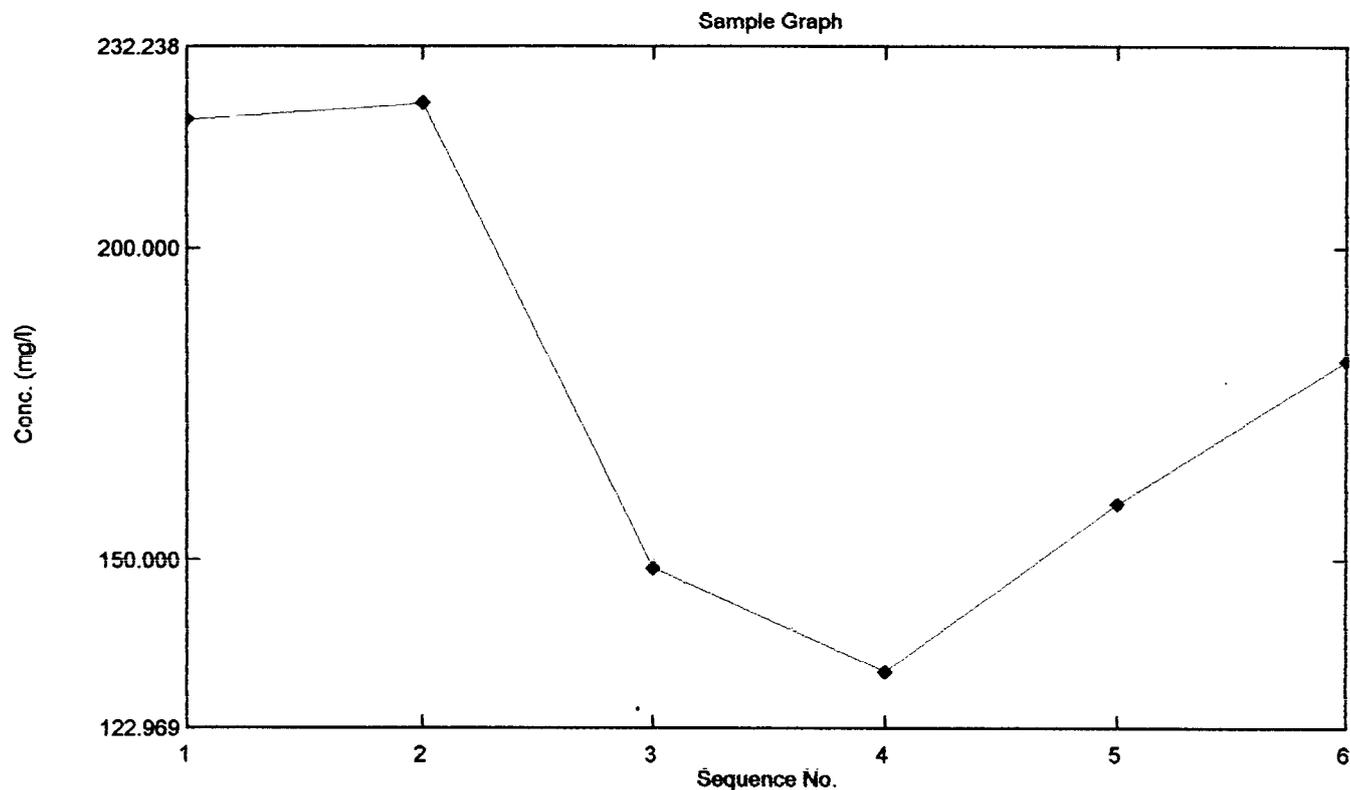
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL660	Comments
1	Kontrol in	Unknown	✓	0.170	0.235	5x pengenceran
2	Kontrol out	Unknown	✓	0.169	0.235	5x
3	R 3	Unknown		0.115	0.226	
4	R 6	Unknown		0.048	0.214	
5	R 9	Unknown		0.115	0.226	
6	R 0	Unknown		3.487	0.805	5 x Pengenceran
7	R 12	Unknown		1.160	0.405	
8						

Sample Table Report

02/08/2007 12:26:20 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Reny Ariyani\COD Reaktor.pho



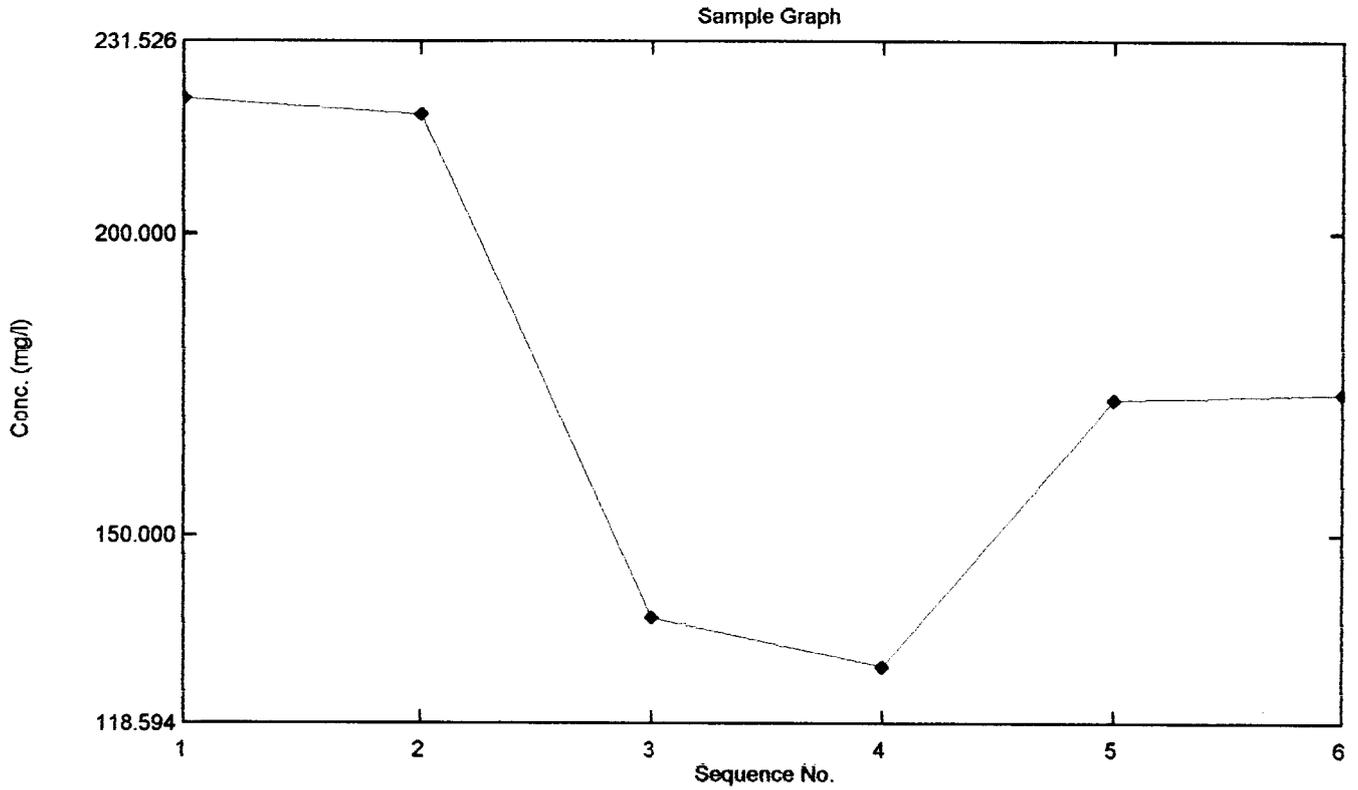
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
1	Awal in R	Unknown		220.589	0.050	
2	Awal out R	Unknown		223.133	0.051	
3	H 3 R	Unknown		148.862	0.033	
4	H 6 R	Unknown		132.075	0.029	
5	H 9 R	Unknown		159.036	0.035	
6	H 12 R	Unknown		181.928	0.041	
7						

Sample Table Report

02/08/2007 12:39:36 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Reny Ariyani\COD Kontrol.pho



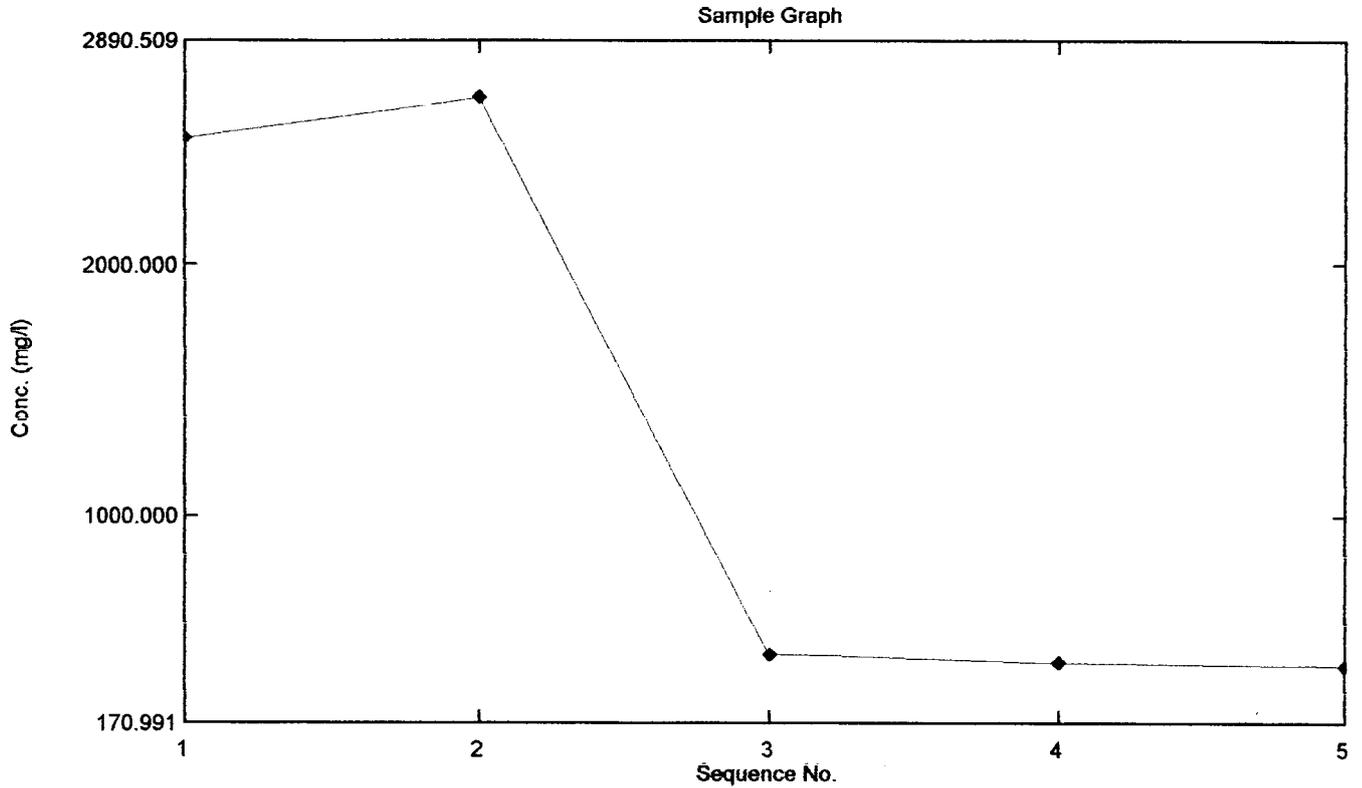
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
1	Awal in K	Unknown		222.115	0.050	
2	Awal out K	Unknown		219.572	0.050	
3	H 3 K	Unknown		136.145	0.030	
4	H 6 K	Unknown		128.005	0.028	
5	H 9 K	Unknown		172.262	0.038	
6	H 12 K	Unknown		173.280	0.039	
7						

Sample Table Report

02/14/2007 02:34:47 PM

File Name: G:\kontrol PO4 ulang.pho



Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
1	Hari 0	Unknown		2503.641	0.598	
2	Hari 3	Unknown		2663.882	0.636	
3	Hari 6	Unknown		446.961	0.104	
4	Hari 9	Unknown		409.317	0.095	
5	Hari 12	Unknown		397.617	0.092	
6						



Hasil Statistik

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
MEDIA	1.00	5
	2.00	5
WAKTU	.00	2
	3.00	2
	6.00	2
	9.00	2
	12.00	2

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: KONSENTR COD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10361.654	5	2072.331	42.073	.001
Intercept	281179.574	1	281179.574	5708.540	.000
MEDIA	17.495	1	17.495	.355	.583
WAKTU	10344.159	4	2586.040	52.502	.001
Error	197.024	4	49.256		
Total	291738.252	10			
Corrected Total	10558.678	9			

a. R Squared = .981 (Adjusted R Squared = .958)

Post Hoc Tests

WAKTU

Multiple Comparisons

Dependent Variable: KONSENTR

Tukey HSD

(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
.00	3.00	80.1205	7.0183	.002	48.9207	111.3203
	6.00	92.5840	7.0183	.001	61.3842	123.7838
	9.00	56.9750	7.0183	.006	25.7752	88.1748
	12.00	45.0200	7.0183	.014	13.8202	76.2198
3.00	.00	-80.1205	7.0183	.002	-111.3203	-48.9207
	6.00	12.4635	7.0183	.487	-18.7363	43.6633
	9.00	-23.1455	7.0183	.125	-54.3453	8.0543
	12.00	-35.1005	7.0183	.034	-66.3003	-3.9007
6.00	.00	-92.5840	7.0183	.001	-123.7838	-61.3842
	3.00	-12.4635	7.0183	.487	-43.6633	18.7363
	9.00	-35.6090	7.0183	.032	-66.8088	-4.4092
	12.00	-47.5640	7.0183	.012	-78.7638	-16.3642
9.00	.00	-56.9750	7.0183	.006	-88.1748	-25.7752
	3.00	23.1455	7.0183	.125	-8.0543	54.3453
	6.00	35.6090	7.0183	.032	4.4092	66.8088
	12.00	-11.9550	7.0183	.518	-43.1548	19.2448
12.00	.00	-45.0200	7.0183	.014	-76.2198	-13.8202
	3.00	35.1005	7.0183	.034	3.9007	66.3003
	6.00	47.5640	7.0183	.012	16.3642	78.7638
	9.00	11.9550	7.0183	.518	-19.2448	43.1548

Based on observed means.

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

KONSENTR

Tukey HSD

WAKTU	N ^a	Subset			
		1	2	3	4
6.00	2	130.0400			
3.00	2	142.5035	142.5035		
9.00	2		165.6490	165.6490	
12.00	2			177.6040	
.00	2				222.6240
Sig.		.487	.125	.518	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 49.256.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

b Alpha = .05.

TSS
Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
MEDIA	1.00	5
	2.00	5
HARI	.00	2
	3.00	2
	6.00	2
	9.00	2
	12.00	2

Tests of Between-Subjects Effects
 Dependent Variable: TSS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	48102.136	5	9620.427	18.155	.007
Intercept	174327.131	1	174327.131	328.975	.000
MEDIA	6794.885	1	6794.885	12.823	.023
HARI	41307.251	4	10326.813	19.488	.007
Error	2119.637	4	529.909		
Total	224548.905	10			
Corrected Total	50221.774	9			

a. R Squared = .958 (Adjusted R Squared = .905)

Post Hoc Tests

HARI

Multiple Comparisons

Dependent Variable: TSS

Tukey HSD

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
(I) HARI	(J) HARI				Lower Bound	Upper Bound
.00	3.00	65.6700	23.0198	.184	-36.6647	168.0047
	6.00	116.0000	23.0198	.033	13.6653	218.3347
	9.00	152.5000	23.0198	.013	50.1653	254.8347
	12.00	180.6650	23.0198	.007	78.3303	282.9997
3.00	.00	-65.6700	23.0198	.184	-168.0047	36.6647
	6.00	50.3300	23.0198	.338	-52.0047	152.6647
	9.00	86.8300	23.0198	.084	-15.5047	189.1647
6.00	12.00	114.9950	23.0198	.034	12.6603	217.3297
	.00	-116.0000	23.0198	.033	-218.3347	-13.6653
	3.00	-50.3300	23.0198	.338	-152.6647	52.0047
	9.00	36.5000	23.0198	.571	-65.8347	138.8347
9.00	12.00	64.6650	23.0198	.192	-37.6697	166.9997
	.00	-152.5000	23.0198	.013	-254.8347	-50.1653
	3.00	-86.8300	23.0198	.084	-189.1647	15.5047
	6.00	-36.5000	23.0198	.571	-138.8347	65.8347
12.00	12.00	28.1650	23.0198	.743	-74.1697	130.4997
	.00	-180.6650	23.0198	.007	-282.9997	-78.3303
	3.00	-114.9950	23.0198	.034	-217.3297	-12.6603
	6.00	-64.6650	23.0198	.192	-166.9997	37.6697
	9.00	-28.1650	23.0198	.743	-130.4997	74.1697

Based on observed means.

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

TSS

Tukey HSD

HARI	N	Subset		
		1	2	3
12.00	2	54.3350		
9.00	2	82.5000	82.5000	
6.00	2	119.0000	119.0000	
3.00	2		169.3300	169.3300
.00	2			235.0000
Sig.		.192	.084	.184

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 529.909.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

b Alpha = .05

Phospat
Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
MEDIA	1.00	5
	2.00	5
WAKTU	.00	2
	3.00	2
	6.00	2
	9.00	2
	12.00	2

Tests of Between-Subjects Effects
 Dependent Variable: PHOSPAT

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9512356.495	5	1902471.299	2.937	.159
Intercept	6958000.498	1	6958000.498	10.743	.031
MEDIA	6895148.351	1	6895148.351	10.646	.031
WAKTU	2617208.144	4	654302.036	1.010	.496
Error	2590622.379	4	647655.595		
Total	19060979.372	10			
Corrected Total	17107978.874	9			

a R Squared = .786 (Adjusted R Squared = .518)

Post Hoc Tests

WAKTU

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PHOSPAT

Tukey HSD

(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
.00	3.00	-71.4660	804.7705	1.000	-3649.0865	3506.1545
	6.00	1037.0295	804.7705	.712	-2540.5910	4614.6500
	9.00	105.2350	804.7705	1.000	-3472.3855	3682.8555
	12.00	1061.1450	804.7705	.698	-2516.4755	4638.7655
3.00	.00	71.4660	804.7705	1.000	-3506.1545	3649.0865
	6.00	1108.4955	804.7705	.669	-2469.1250	4686.1160
	9.00	176.7010	804.7705	.999	-3400.9195	3754.5215
6.00	12.00	1132.6110	804.7705	.655	-2445.0095	4710.2315
	.00	-1037.0295	804.7705	.712	-4614.6500	2540.5910
	3.00	-1108.4955	804.7705	.669	-4686.1160	2469.1250
9.00	9.00	-931.7945	804.7705	.774	-4509.4150	2645.8260
	12.00	24.1155	804.7705	1.000	-3553.5050	3601.7360
	.00	-105.2350	804.7705	1.000	-3682.8555	3472.3855
12.00	3.00	-176.7010	804.7705	.999	-3754.5215	3400.9195
	6.00	931.7945	804.7705	.774	-2645.8260	4509.4150
	12.00	955.9100	804.7705	.760	-2621.7105	4533.5305
	.00	-1061.1450	804.7705	.698	-4638.7655	2516.4755
	3.00	-1132.6110	804.7705	.655	-4710.2315	2445.0095
	6.00	-24.1155	804.7705	1.000	-3601.7360	3553.5050
	9.00	-955.9100	804.7705	.760	-4533.5305	2621.7105

Based on observed means.

Homogeneous Subsets

PHOSPAT

Tukey HSD

WAKTU	N	Subset
12.00	2	199.3900
6.00	2	223.5055
9.00	2	1155.3000
.00	2	1260.5350
3.00	2	1332.0010
Sig.		.655

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares. The error term is Mean Square(Error) = 647655.595.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

b. Alpha = .05.



Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup

Nomor 112 Tahun 2003

Lampiran
Keputusan Menteri Negara
Lingkungan Hidup,
Nomor : 112 Tahun 2003
Tanggal : 10 Juli 2003

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6 - 9
BOD	mg/l	100
TSS	Mg/l	100
Minyak dan Lemak	mg/l	10

Menteri Negara
Lingkungan Hidup,

ttd

Nabiel Makarim,MPA,MSM.

**Salinan sesuai dengan aslinya
Deputi MENLH Bidang Kebijakan
Dan Kelembagaan Lingkungan Hidup,**

Hoetomo, MPA.



Dokumentasi



Gambar 1.1 Reaktor Uji Hari ke 0



Gambar 1.2 Reaktor Kontrol Hari Ke 0



Gambar 1.3 Kondisi Reaktor Hari ke 3



Gambar 1.4 Kondisi Reaktor Hari ke 6



Gambar 1.5 Kondisi Reaktor Hari ke 9



Gambar 1.6 Kondisi Reaktor Hari ke 12

KELOMPOK 1

KELOMPOK 2



(Eko Siswoyo, ST)

Calatan

Seminar
Sidang
Pendadaran